

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“COMPOST Y BIOCHAR EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE
VAINITA (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade EN LA MOLINA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA

ANGIE GABRIELA MENDOZA TENICELA

LIMA – PERÚ

2019

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente
investigación (Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“COMPOST Y BIOCHAR EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE
VAINITA (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade EN LA MOLINA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA

ANGIE GABRIELA MENDOZA TENICELA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Oscar Oswaldo Loli Figueroa

PRESIDENTE

Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz

ASESOR

Ing. M. Sc. Karín Cecilia Coronado Matutti

MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Sarita Maruja Moreno Llacza

MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2019

¡Que nadie se quede afuera, se los dedico a todos!

A mi madre, por el amor recibido, la paciencia y el apoyo incondicional que día a día deposita en mí.

A mi padre, por siempre desear lo mejor para mí y hacer todo lo posible para que ello se dé.

A mi profesor Pedro Pablo, por guiarme en el desarrollo de esta tesis, de inicio a fin.

A mi mejor amiga, por ser mi brazo derecho, mi punto tierra, mi luz.

La vida se encuentra plagada de retos, y uno de ellos es la universidad. Tras verme dentro de ella, me he dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no sólo para mi entendimiento del campo en el que me he visto inmersa, sino para lo que concierne a la vida y futuro.

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mis padres, hermanos, tíos, primos y amigos por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es; y gracias a mis asesores, profesores y trabajadores de campo y laboratorio por permitirme cumplir con excelencia el desarrollo de esta tesis.

Aprovecha el día (Carpe diem)

No dejes que termine sin haber crecido un poco, sin haber sido feliz, sin haber alimentado tus sueños. No te dejes vencer por el desaliento. No permitas que nadie te quite el derecho de expresarte, que es casi un deber. No abandones tus ansias de hacer de tu vida algo extraordinario... (Whitman, W.)

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO	3
2.2.	DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO.....	4
2.3.	FACTORES QUE AFECTAN LA DESCOMPOSICIÓN ORGÁNICA.....	6
2.4.	EFECTOS DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO.....	7
2.5.	MATERIALES ORGÁNICOS.....	9
2.6.	COMPOST	10
2.6.1.	FORMACIÓN DE LAS PILAS DE COMPOST	11
2.6.2.	BENEFICIOS DEL COMPOSTAJE.....	12
2.6.3.	DESVENTAJAS DEL COMPOST	13
2.6.4.	MANEJO DE COMPOST	13
2.6.5.	ESTUDIOS PREVIOS SOBRE APLICACIÓN DE COMPOST	13
2.7.	BIOCHAR	14
2.7.1.	PROCESO DE OBTENCIÓN DEL BIOCHAR.....	15
2.7.2.	BENEFICIOS DE INCORPORAR BIOCHAR.....	15
2.7.3.	DESVENTAJAS DE INCORPORAR DE BIOCHAR.....	16
2.7.4.	ESTUDIOS PREVIOS SOBRE APLICACIÓN DE BIOCHAR.....	16
2.8.	DESCRIPCION DE <i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L.	17
2.8.1.	ORIGEN E HISTORIA	17
2.8.2.	IMPORTANCIA	17
2.8.3.	TAXONOMÍA	18
2.8.4.	ASPECTOS BOTÁNICOS	19
2.8.5.	CULTIVARES PRECOCES	20
2.8.6.	CULTIVAR JADE	21
2.8.7.	ASPECTOS EDAFOCLIMÁTICOS.....	21
2.8.8.	MANEJO AGRONÓMICO.....	22
A.	SIEMBRA	22
B.	RIEGO.....	22
C.	FERTILIZACIÓN	22
2.9.	ESTUDIOS SOBRE LA APLICACIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS EN VAINITA JADE	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1.	ÁREA EXPERIMENTAL.....	24
3.1.1.	UBICACIÓN.....	24
3.1.2.	CLIMA	24
3.1.3.	TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA	24
3.1.4.	SUELO	25
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS EMPLEADOS.....	27
3.2.1.	CULTIVAR.....	27
3.2.2.	MATERIALES ORGÁNICOS.....	27
3.2.3.	MATERIALES.....	28
3.3.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTO.....	29
3.3.1.	INSTALACIÓN	29
3.3.2.	MANEJO.....	29

A.	PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	29
B.	SIEMBRA	29
C.	RIEGOS.....	29
D.	FERTILIZACIÓN	29
E.	DESMALEZADO	30
F.	CONTROL FITOSANITARIO	30
G.	COSECHA	30
3.4.	TRATAMIENTOS EVALUADOS	30
3.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL	31
3.6.	PARÁMETROS EVALUADOS	32
3.6.1.	PORCENTAJE DE FLORACIÓN	32
3.6.2.	RENDIMIENTO DE VAINITA.....	32
3.6.3.	CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN	32
3.6.4.	BIOMASA EN MATERIA SECA Y FRESCA	32
3.6.5.	PROPIEDADES DEL SUELO.....	32
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1.	PORCENTAJE DE FLORACIÓN	33
4.2.	RENDIMIENTO DE VAINITA.....	34
4.3.	CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN	36
4.4.	BIOMASA.....	39
4.5.	PROPIEDADES DEL SUELO.....	42
V.	CONCLUSIONES.....	45
VI.	RECOMENDACIONES.....	46
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	47
VIII.	ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Características generales del compost</i>	11
<i>Tabla 2: Composición nutricional de la vainita en 100 g de producto comestible</i>	18
<i>Tabla 3: Valores semanales promedio de temperatura y humedad relativa en La Molina, durante el periodo de marzo junio del 2018</i>	25
<i>Tabla 4: Análisis de caracterización del suelo en el campo experimental donde se sembró vainita (Phaseolus vulgaris L.) cv. Jade La Molina, 2018</i>	26
<i>Tabla 5: Relaciones catiónicas</i>	27
<i>Tabla 6: Características químicas de las diferentes fuentes orgánicas utilizadas</i>	28
<i>Tabla 7: Niveles aportados de nutrientes de las fuentes de materia orgánica evaluadas</i> ..	28
<i>Tabla 8: Detalle de tratamientos y dosis empleados</i>	30
<i>Tabla 9: Porcentaje de floración en vainita (Phaseolus vulgaris L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos</i>	33
<i>Tabla 10: Largo y diámetro en vainita (Phaseolus vulgaris L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos</i>	39
<i>Tabla 11: Biomasa en hojas, tallo y fruto en vainita (Phaseolus vulgaris L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos</i>	40

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Proceso de descomposición de la materia orgánica.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2: Ubicación del campo experimental del cultivo de vainita.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3: Croquis de distribución del ensayo en vainita (Phaseolus vulgaris L.) cv. Jade en La Molina 2018.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 4: Rendimiento total (Mg ha⁻¹) del cultivo de vainita (Phaseolus vulgaris L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 5: Número de vainitas por kilogramo cosechado por tratamiento.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 6: Distribución en porcentajes de las cosechas por tratamiento.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 7: Distribución de materia seca total y humedad en la planta por tratamiento.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 8: Distribución de materia seca de hojas, tallo y vainita fruto por tratamiento.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 9: Evaluaciones de pH del suelo por tratamiento.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 10: Evaluaciones de conductividad eléctrica del suelo (dS m⁻¹) por tratamiento.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 11: Evaluaciones de densidad aparente del suelo (g mL⁻¹) por tratamiento.....</i>	<i>44</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Porcentaje de floración en vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos	54
ANEXO 2. Rendimiento total (Mg ha ⁻¹) del cultivo de vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos.....	54
ANEXO 3. Número de vainitas por kilogramo cosechado por tratamiento.....	55
ANEXO 4. Largo en vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos.....	55
ANEXO 5. Diámetro en vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos.....	56
ANEXO 6. Biomasa en hojas en vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos.....	56
ANEXO 7. Biomasa en tallo en vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos.....	57
ANEXO 8. Biomasa en fruto en vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos.....	57
ANEXO 9. Evaluaciones de pH del suelo por tratamiento.....	57
ANEXO 10. Evaluaciones de conductividad eléctrica del suelo (dS m ⁻¹) por tratamiento.....	58
ANEXO 11. Evaluaciones de densidad aparente del suelo (g mL ⁻¹) por tratamiento.....	59
ANEXO 12. Muestreo de suelo.....	59
ANEXO 13. Siembra de semillas de vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Jade (19-abril).....	60
ANEXO 14. Cernido de biochar.....	60
ANEXO 15. Procedimientos para hallar pH, CE y densidad aparente del suelo.....	61
ANEXO 16. Vista de campo experimental de vainita (18-mayo).....	61
ANEXO 17. Inicio de envaine y floración (24-mayo).....	62
ANEXO 18. Envaine de planta (4-junio).....	62
ANEXO 19. Problemas fitosanitarios (11-junio).....	63
ANEXO 20. Envaine de planta (18-junio).....	63
ANEXO 21. Medición de largo y ancho de vainita (20-junio).....	63
ANEXO 22. Procedimiento para hallar materia seca de órganos vegetales (20-junio).....	64
ANEXO 23. Cosecha de vainitas.....	64
ANEXO 24. Análisis de suelo.....	65
ANEXO 25. Análisis de materiales orgánicos utilizados en el experimento.....	66
ANEXO 26. Cronograma de actividades.....	67

RESUMEN

La agricultura orgánica se cataloga como una mejor alternativa a la agricultura convencional, ya que esta última es una actividad con altos niveles de contaminación ambiental como consecuencia del excesivo uso de agroquímicos. Esta agricultura tiene por objetivo cubrir el déficit entre las entradas y salidas de nutrientes en el suelo con la fertilización orgánica, y a su vez mejorar la fertilidad del mismo. Por ello, la presente investigación tuvo como finalidad evaluar la producción y calidad de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade con la aplicación de compost y biochar. La fase experimental se llevó a cabo en la ciudad de Lima en la Universidad Nacional Agraria La Molina, entre marzo y junio del 2018. Se evaluaron biochar, compost, la mezcla de ambos y el tratamiento testigo (sin fertilización), las parcelas fueron distribuidas bajo un DBCA con cuatro repeticiones. Se concluye que las variables: porcentaje de floración, calidad de producción (largo y diámetro de vainita), materia seca (hojas, tallo y fruto), propiedades del suelo (CE y densidad aparente), no presentan diferencias significativas entre los tratamientos empleados. Mientras que, para la variable número de vainitas por kilogramo cosechado se encontraron diferencias entre tratamientos únicamente para la cuarta cosecha, donde el tratamiento 2 (biochar) termina con mayor número de vainitas por kilogramo cosechado, es decir, vainitas de menor tamaño. La variable rendimiento total del cultivo presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo el tratamiento 3 (compost) de menor rendimiento (6.2 Mg ha^{-1}) comparado estadísticamente con el tratamiento testigo, 2 (biochar) y 4 (biochar + compost), de los cuales el tratamiento 4 resaltó entre los tres obteniendo 10.1 Mg ha^{-1} . De las propiedades del suelo, el pH obtuvo diferencias significativas entre las evaluaciones, donde se aprecia que el tratamiento 2 (biochar) fue quien tuvo mayor tendencia de cambio en su valor.

Palabras clave: Vainita, Compost, Biochar, Rendimiento.

ABSTRACT

Organic agriculture is cataloged as a better alternative to conventional agriculture, since the latter is an activity that causes high environmental contamination because of the excessive use of agrochemicals. This agriculture aims to cover the deficit between the inputs and outputs of nutrients in the soil with organic fertilization, and also manages to improve soil fertility. Therefore, the objective of this research was to evaluate the production and quality of vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade with the application of biochar and compost. The experimental phase was carried out in the city of Lima at Universidad Nacional La Molina, between March and June of 2018. The treatments consisted in the application of biochar, compost, the mixture of both and the control treatment (without fertilization), the plots were distributed under a CRD with four replications. The following variables did not show significant differences between the treatments used: percentage of flowering, quality of production, dry matter (leaves, stem and fruit), soil properties (EC and apparent density). While, for the variable “number of pods per kilogram harvested”, differences were found between treatments only in the fourth harvest, where treatment two (biochar) ends with a greater number of pods per kilogram harvested; that is, smaller vainitas. The variable “total yield of the crop” showed differences between the treatments, being the treatment 3 (compost) the lowest yield (6.2 Mg ha⁻¹) compared statistically with the control treatment, 2 (biochar) and 4 (biochar + compost), where treatment 4 stood out among the three obtaining 10.1 Mg ha⁻¹. Among soil properties, the pH obtained significant differences between evaluations, where treatment 2 (biochar) was the one that had the greatest tendency to change its value.

Keywords: Vainita, Compost, Biochar, Yield.

I. INTRODUCCIÓN

“El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más antiguos del nuevo mundo. Junto con el maíz y la yuca, ha sido de suma importancia en bajas, medias y hasta grandes altitudes de las Américas por milenios. Es un cultivo extremadamente diverso en términos de métodos de cultivo, usos, rango de ambientes a los cuales ellos han sido adaptados (Broughton *et. al.*, 2003). Son encontrados desde el nivel del mar hasta 3000 m.s.n.m, cultivados en monocultivos e intercalados con otros sistemas de cultivos (Broughton *et. al.*, 2003; Chacón *et. al.*, 2005)” (Londoño, 2011).

“La vainita es una variedad de frijol desarrollada para consumo como vaina verde, caracterizadas por tener alto contenido de fibras (Voyses, 2000). Su importancia puede ser medida por el área sembrada, su valor nutritivo, la demanda creciente del público consumidor y su valor estratégico a nivel de una determinada área geográfica, como generadora de empleo y fuente de ingresos, entre otros. La importancia de la vainita dentro del grupo de hortalizas está determinada en gran parte por su precio, calidad y compatibilidad con los alimentos básicos de la dieta diaria (Janssen, 1987)” (Morros *et. al.*, 2003).

“El valor agronómico de la vainita se centra especialmente en su capacidad para fijar el nitrógeno del aire, y su gran adaptabilidad de mejorar las condiciones de fertilidad de los suelos y hace que muchas veces se considere innecesario el abonamiento del cultivo, sin embargo, es necesario darle los nutrientes y de preferencia los abonos orgánicos antes que los químicos para cuidar la calidad del producto cosechado” (Bayona, 2018).

Teniendo en cuenta las cualidades nutricionales y agronómicas de este cultivo, se buscará mejorar el rendimiento mediante el uso de fuentes orgánicas de bajo costo y de baja residualidad en el producto comercial. Cabe resaltar que, la representación económica para los agricultores de la costa peruana cuya superficie cosechada nacional fue de 2620 ha para el año 2017, siendo los departamentos de Lima y Arequipa los de mayor área cosechada, y con un rendimiento nacional de 7.9 Mg ha⁻¹ (MINAGRI, 2017), la cual servirá de base productiva para las comparaciones correspondientes.

“Los abonos orgánicos también pueden ser catalogados como mejoradores de suelo, ya que, tienden a mejorar su estructura, lo que adecua la infiltración del agua, facilita el crecimiento radical, posibilita una mejor aireación y contribuye al control de la erosión entre otros. Es preciso señalar que, para que los abonos orgánicos actúen como mejoradores, las cantidades que deben ser adicionadas al suelo anualmente, deben ser elevadas (Cubero y Vieira, 1999)” (Núñez, 2014).

Se emplearán al biochar, compost y la mezcla de ambos para los tratamientos. Suponiendo que la aplicación de éstas contribuye positivamente en el rendimiento y calidad del cultivo, se propondrá como alternativa ecológica y productiva para los pequeños agricultores, como principales usuarios de esta tecnología.

Por lo tanto, los principales objetivos del presente estudio son los de evaluar el efecto de la aplicación de compost y biochar en el rendimiento del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade, evaluar la calidad de producción del cultivo, y evaluar las propiedades físicas y químicas del suelo durante el desarrollo del cultivo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

“La materia orgánica del suelo está constituido por todo tipo de residuos orgánicos (vegetal o animal) que es incorporado al suelo (Guerrero, 1993); la presencia de materia orgánica en los suelos es muy variable y está condicionada en primera instancia por el clima y la vegetación, y localmente se ve determinado por la fisiografía, la naturaleza del material madre que genera el suelo y el sistema de manejo (Zavaleta, 1982)” (Borjas, 2008).

“La materia orgánica del suelo puede ser agrupada en dos categorías (Tisdale, 1987): la primera está constituida por material relativamente estable, denominada humus, que es resistente a una rápida descomposición ulterior; y la segunda categoría incluye a aquellos materiales orgánicos que se hallan sujetos a una descomposición rápida constituida por materiales que van desde residuos frescos de las cosechas hasta aquellos que por una cadena de reacciones de descomposición se aproximan a un cierto grado de estabilidad” (Vega, 2014).

“La materia orgánica incorpora al suelo dos elementos químicos esenciales, que no existen en el material de origen: carbono y nitrógeno. El último es el nutriente más importante del punto de vista cuantitativo, y sólo este acto ya sería suficiente para justificar la importancia de la materia orgánica, como fuente de nitrógeno (Raij, 1983)” (Berrios, 2015).

“El carbono orgánico del suelo tiene un efecto importante en la agregación de las partículas del suelo, existiendo una relación entre tamaño de los agregados y contenido de carbono orgánico (Folletty y Stewart, 1985). Mientras mayor es el contenido de este último, mayor es el tamaño de los agregados. A su vez, los agregados de menor tamaño están asociados a la fracción altamente humificados con período de residencia en el suelo mayor a siete años (Buyanovsky *et. al.*, 1994)” (Martínez *et. al.*, 2008).

2.2. DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

“La descomposición de la materia orgánica, es un importante proceso que relaciona la dinámica de la vegetación con la dinámica del suelo. Regulando este proceso intervienen factores bióticos y abióticos. La temperatura y la humedad son los dos factores más importantes (factores abióticos) que controlan la tasa de descomposición bajo condiciones naturales. También la aireación y la estructura del suelo, juegan un importante papel indirectamente (Singh y Gupta, 1977)” (Arguello, 1991).

“La materia orgánica que ingresa al suelo es atacada por los microorganismos, mineralizando una parte y humificando el resto. En el proceso general se encuentran: residuos sin atacar, residuos parcialmente descompuestos, productos intermedios, complejos orgánicos nuevos (el humus), compuestos orgánicos solubles y compuestos minerales fácilmente asimilables por las plantas (Sipmsom, 1991)” (Pineda, 2005).

“Los microorganismos descomponen los residuos orgánicos participando activamente en los ciclos de muchos elementos utilizados por las plantas, además, éstos participan en la formación y estabilización de la estructura y porosidad del suelo (Singer y Munns, 1996, y Krull *et. al.*, 2002)” (Martinez *et. al.*, 2008).

“Los compuestos existentes en los tejidos vegetales son muchos y variados. La composición general de un prudente término medio y en tejidos de plantas secas ha sido estimada. Hidratos de carbono: Azúcares y almidones (1-5%), Hemicelulosa (10-28%), Celulosa (20-50%); Grasas, ceras, taninos, etc. (1-8%); Ligninas (10-30); Proteínas: Sencillas, solubles en agua y proteínas típicas (1-15%) (Hardy, 1987)” (Del Cura *et. al.*, 2010).

“Durante las reacciones de descomposición de los restos orgánicos se produce una oxidación rápida y violenta (entendida exotérmicamente) de éstos con una consecuente liberación de elementos nutritivos para la planta, principalmente NH_3 , NH_4^+ , NO^{-3} , SO_4^{-2} , PO_4^{-3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , además de agua y CO_2 . Después de que pasa esta primera etapa de alteración y, dependiendo de las condiciones ambientales y de la calidad de la materia orgánica aportada, el proceso de transformación tiene dos posibles vías: Una, la mineralización, con un aporte intenso de nutrientes y un bajo aporte de materiales susceptibles de ser humificados y otra, la humificación, con un aporte pobre de nutrientes, pero con un alto suministro de

materiales disponibles para la polimerización y acumulación en el suelo como humus” (Jaramillo, 2002).

Alegre *et. al.* (2014) indican que “el proceso de descomposición comprende dos grandes procesos: Humificación (Conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que transforman la materia orgánica en humus, dura de tres a cuatro meses y es realizado por toda clase de organismos y puede realizarse en diferentes condiciones ecológicas) y Mineralización (Transformación del humus en compuestos solubles asimilables por las plantas, dura aproximadamente un año y sólo se realiza en condiciones ecológicas óptimas como temperatura entre 18 y 22 °C, buena humedad, adecuada oxigenación, pH alrededor de 6.8 y los organismos transformadores son altamente especializados)” (Figura 1).

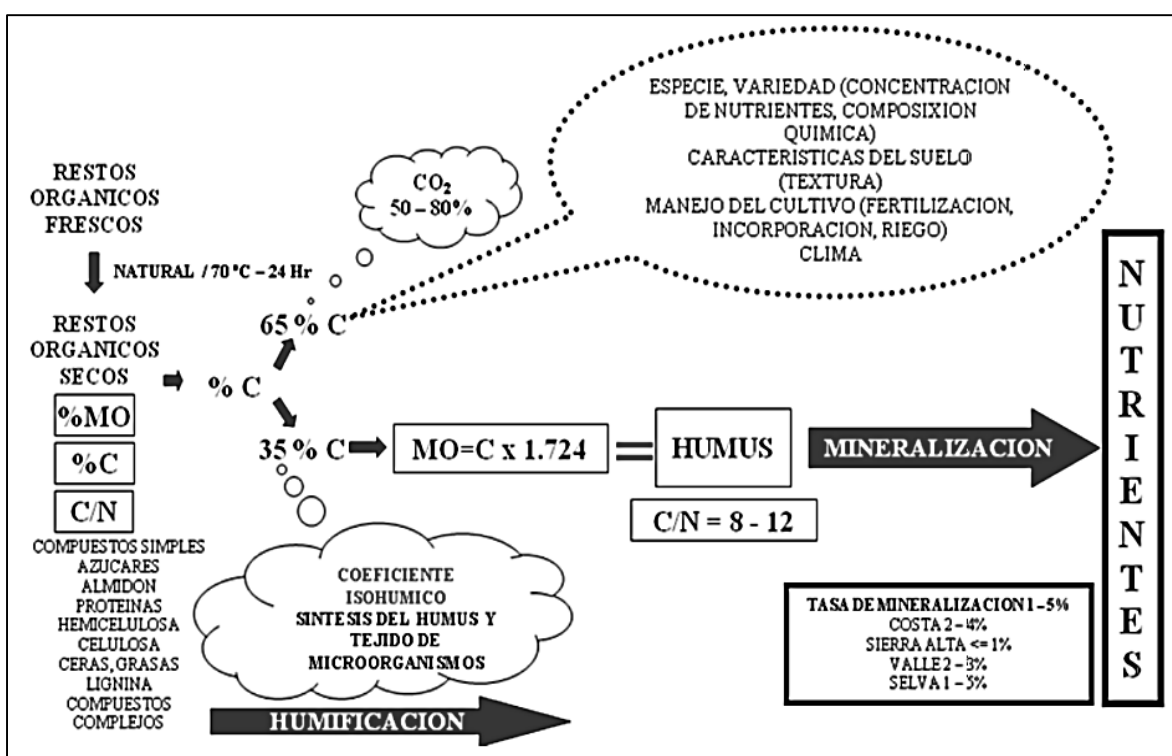


Figura 1: Proceso de descomposición de la materia orgánica

FUENTE: Alegre *et. al.* (2014)

Se tiene el paso a paso de la descomposición, de querer cuantificar el aporte nutricional que tiene cada resto orgánica, se realiza el balance húmico. Se logra estimar la cantidad de humus que pueden formar al ser incorporados al suelo según Alegre *et. al.* (2014):

- a) Se determina la cantidad de carbono en la biomasa seca de hojarasca:

$$\% C \times \text{cantidad de biomasa seca (Tn ha}^{-1}\text{)} = \text{cantidad de C (Tn ha}^{-1}\text{)}$$

- b) Se considera que el 65% del carbono se oxida como CO₂ y el 35% pasa a constituir el humus: $35\% \times \text{cantidad de C (Tn ha}^{-1}) = \text{cantidad de C-Húmico (Tn ha}^{-1})$
- c) Se expresa el C-Húmico como materia orgánica (MOS) usando el coeficiente de Van Bemmelen, donde: $\text{MOS (Tn ha}^{-1}) = \text{cantidad de C-Húmico (Tn ha}^{-1}) \times 1.724$

Para hallar la cantidad de nitrógeno mineral ha⁻¹ año⁻¹ que puede liberar la MOS:

- d) Se asume que la MOS contiene 5% de nitrógeno total: $5\% \times \text{MOS (Tn ha}^{-1}) = \text{cantidad de nitrógeno total (Tn ha}^{-1})$.
- e) Se asume 1-5% de tasa de mineralización, según las condiciones edafoclimáticas: $\text{Tasa de mineralización (\%)} \times \text{cantidad de nitrógeno total (Tn ha}^{-1}) = \text{cantidad de nitrógeno mineral ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

2.3. FACTORES QUE AFECTAN LA DESCOMPOSICIÓN ORGÁNICA

Las propiedades fisicoquímicas de una materia orgánica varían según espacio y tiempo. Por otro lado, la composición química de los residuos orgánicos, su contenido de humedad, la capacidad de descomposición de los componentes y el calor de reacción de los diversos procesos de transformación, entre otros, determinarán el grado de descomposición (Kiss y Encarnación, 2006).

El tiempo requerido para que la descomposición se realice depende completamente de la composición (calidad) y cantidad del material orgánico, del suministro de nitrógeno utilizable, de la resistencia del material al ataque microbiano (en función de la cantidad de lignina, ceras y grasas presentes); temperatura y niveles de humedad del suelo (Havlin *et. al.*, 2005).

“La velocidad de descomposición de los materiales orgánicos en el suelo depende de su composición química y de las condiciones predominantes del medio edáfico, factores que influyen y son determinantes en la actividad de los microorganismos (Kononova, 1982)” (Berrios, 2015).

“La velocidad de descomposición también tiene relación en la edad de la planta, siendo “los tejidos jóvenes metabolizados más rápidamente que los vegetales maduros, aparentemente justifica la hipótesis de la relación C/N en la predicción de la velocidad de descomposición, ya que las plantas inmaduras tienen un contenido más alto de nitrógeno. Pero una investigación química más completa también muestra cambios en otros constituyentes

vegetales, por ejemplo, la maduración va acompañada por la lignificación y otras alteraciones relacionadas” (Jaramillo, 2002).

“Las condiciones climáticas y meteorológicas comprenden todos los factores ambientales que influyen en los procesos de transformación, como la precipitación pluvial, temperatura y vientos, principalmente. La precipitación juega un papel determinante en la descomposición, favoreciendo la solubilización de los componentes de los residuos orgánicos; mientras que, el efecto de la temperatura y los vientos prevalece su influencia sobre las condiciones de balance hídrico. La temperatura externa ejerce su efecto sólo en las capas superiores de la materia orgánica al momento de la transformación; mientras que, el perfil interior es afectado por los procesos bioquímicos de la descomposición de los residuos” (Kiss y Encarnación, 2006).

2.4. EFECTOS DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Según Jaramillo (2002), “la materia orgánica, en todas sus diferentes formas, tiene efectos marcados en casi todas las propiedades del suelo; entre los que más se relacionan con la evolución del mismo pueden destacarse:

- Color: La acumulación de humus, en el suelo, le transmite su color oscuro; este color aumenta la absorción de radiación y facilita su calentamiento, mejorando la eficiencia de los procesos químicos que actúan en dicho suelo, así como el establecimiento y desarrollo de organismos en él.
- Humedad: Al aumentar el contenido de humus, se incrementa la cantidad de agua que puede almacenar el suelo, sobre todo si es un suelo arenoso; además, mejora, notablemente, las relaciones hídricas del suelo, al mejorar la infiltración y reducir las pérdidas de agua por evaporación; todo lo anterior contribuye a aumentar la actividad química y biológica del suelo y por tanto su evolución.
- Estructura: La acumulación de humus en el suelo favorece la formación de agregados esferoidales relativamente grandes y estables. Con esto se mejoran la aireación, la porosidad, la permeabilidad, la velocidad de infiltración, el drenaje y el desarrollo radicular; además, se reducen la susceptibilidad del suelo a la erosión y la densidad aparente.

- CIC: Su valor se incrementa en el suelo al aumentar el contenido de materia orgánica, debido a que la humificación incrementa el número de grupos carboxilo (-COOH) y fenólicos (-OH) que pueden disociarse, adquiriendo cargas negativas. Al incrementarse la CIC del suelo, se reducen y hasta evitan las pérdidas por lixiviación.
- pH: Su valor puede disminuir al aumentar el contenido de humus, si el suelo tiene baja capacidad amortiguadora del poder acidificante que tenga el humus; ya que, éste está compuesto por ácidos orgánicos principalmente. Así mismo, la disociación de grupos funcionales de la materia orgánica libera H^+ ; al reducirse el pH, a ciertos valores, también se produce solubilización de Al^{+3} , el cual contribuye a aumentar la acidez del suelo.
- Disolución de minerales: Algunos compuestos húmicos son capaces de disolver filosilicatos como biotita, muscovita, illita, caolinita.
- Compuestos órgano-minerales: El humus puede unirse a coloides inorgánicos, formando complejos órgano-minerales de diferente grado de estabilidad; los materiales involucrados en los complejos tienen una menor tasa de alteración que aquella que tendrían, si estuvieran independientes en el suelo.
- Microorganismos: La acumulación en el suelo de ciertos tipos de compuestos orgánicos, como lípidos principalmente, llega a ser tóxica para algunos de los microorganismos del suelo y afecta aquellos procesos en los cuales intervienen (Nikonova y Tsiplionkov, 1989)".

“La estructura del suelo involucra la forma, grado y tamaño de los agregados. En consecuencia, la estructura del suelo afecta la porosidad y, por lo tanto, la retención y disponibilidad de agua, además de su capacidad para contener aire (Acevedo y Martínez, 2003). La porosidad afecta, además, el crecimiento de las raíces de los cultivos (Acevedo y Martínez, 2003). Porosidad y retención de agua son dos parámetros que se encuentran estrechamente vinculados; ya que, la capacidad de retención de agua en el suelo es dependiente del número de poros, de la distribución de tamaño de poros y de la superficie específica de cada suelo (Krull *et. al.*, 2004). Pikul y Allmaras (1986) estudiaron la distribución del espacio poroso con diferentes manejos de suelo y encontraron que al agregar materia orgánica aumentaban los poros de mayor diámetro, que retienen el agua con menor energía” (Martínez *et. al.*, 2007).

“La compactación del suelo consiste en una reducción del espacio poroso causado por una carga aplicada a la superficie del suelo (Kulli, 2002). Se mide usualmente mediante el valor de resistencia que ofrece el suelo a ser penetrado por una herramienta de corte. La resistencia a la penetración se afecta a otras propiedades del suelo que se asocian directamente el desarrollo de las plantas y las labores agrícolas (Hazma y Anderson, 2005; Dexter *et. al.*, 2007). La resistencia a la penetración depende de varias propiedades básicas como la resistencia a la deformación del suelo, compresibilidad y fricción suelo-metal se puede asociar a propiedades fáciles de medir como densidad aparente, contenido de agua (Dexter *et. al.*, 2007), materia orgánica del suelo y cantidad de agentes cementantes (Aggarwal *et. al.*, 2006)” (Martínez *et. al.*, 2007).

2.5. MATERIALES ORGÁNICOS

Son aquellos insumos “que se aplican al suelo, con algunos propósitos específicos como suministrar nutrientes rápidamente disponibles para la planta y/o mejorar las condiciones físicas del suelo. Estos materiales se conocen comúnmente como abonos” (Jaramillo, 2002).

“Antes de aplicar un abono deben establecerse sus características, entre las cuales Orozco (1984) destaca:

- Composición elemental: La composición de los abonos es muy variable; para conocer su valor nutricional hay que realizar análisis de laboratorio con el fin de establecer los contenidos de elementos esenciales que posea, especialmente de N, P, K, Ca, Mg, y elementos menores (Fe, Zn, Mn, Cu, B); algunos abonos (porquinaza, gallinaza) pueden presentar niveles altos de Cu y Zn principalmente, que pueden llegar a ser fitotóxicos.
- Humedad: Para aplicar abonos sólidos, el contenido de humedad debe ser menor del 15%, lo cual facilita y abarata su transporte y aplicación.
- Contenido de ácidos fúlvicos: Está relacionado con la movilidad del abono en el suelo y con la facilidad que tenga éste de solubilizar metales tóxicos en aquel. En un abono adecuado, su contenido debe ser menor al 3%.
- Relación C/N: Con base en los contenidos de C y N totales; es una medida de la facilidad de mineralización del abono y se interpreta como se vio en el capítulo anterior.

- pH: Necesario para conocer el peligro de acidificación o de alcalinización que pueda tener el abono en el suelo por su aplicación.
- Conductividad eléctrica: Frecuentemente es alta en los abonos; hay que tenerla en cuenta para evitar una posible salinización del suelo o problemas de toxicidad en las plantas debidos a la aplicación de altas cantidades de sales.
- CIC: Es deseable un abono con una CIC alta” (Jaramillo, 2002).

Según Jaramillo (2002), “los abonos orgánicos que se adicionan al suelo se diferencian fundamentalmente por tres características:

- El contenido de nutrientes: Es bastante variable.
- Facilidad de descomposición: Depende básicamente de la relación C/N y también es muy variable.
- Estado de humedad en que se aplican: Normalmente se aplican con los siguientes rangos de humedad: abono sólido: < 80% humedad, abono semilíquido: 80 a 90% humedad, abono líquido: > 90% humedad”.

2.6. COMPOST

“Según Cegarra (1994), el compost es el producto estabilizado e higienizado que se obtiene de la descomposición biológica oxidativa de materiales orgánicos frescos de desechos animales y vegetales” (Jaramillo, 2002).

“Es un abono orgánico que resulta de la descomposición del estiércol de animales con residuos vegetales, los cuales han sido mezclados en una pila y se deja en reposo por unos días para que actúen sobre él millones de microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos, etc.) que descomponen estos residuos (Sánchez, 2003); a este proceso se le denomina compostaje” (Uscumayta, 2018).

“Para que este proceso sea favorable es necesario crear las condiciones ideales para la actividad microbiana como la cantidad de agua adecuada, oxígeno y una alimentación balanceada; los sustratos son la única fuente de alimento para los microorganismos descomponedores. Si el sustrato tiene una relación C/N muy alta, se retarda el proceso de descomposición; mientras que, si es muy baja, hace que se pierda el nitrógeno por falta de estructuras de carbono que permitan su retención. Así mismo, tenemos el tamaño de las partículas del sustrato (granulometría), la disminución del tamaño de partículas aumenta el

área de contacto y, por consiguiente, la actividad microbiana y con ello la degradación de los materiales (Soto y Muñoz, 2002)” (Borjas, 2008).

“El compost permite mantener la fertilidad de los suelos con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos (Labrador *et. al.*, 2006). Este abono no sólo presenta aportes altos de nutrientes para la planta según su composición química, sino que incide positivamente sobre la actividad microbiana del suelo, influye indirectamente sobre los ciclos de movilización y ayuda a disminuir la inmovilización de macro elementos minerales como el fósforo, azufre, nitrógeno, calcio y potasio, aumentando la mineralización del suelo y reduciendo la inmovilización de nutrientes presentada en el frijol bajo condiciones normales de cultivo (Hirzel & Rodriguez, 2004)” (Ortiz, 2010).

Las características del compost están descritas a continuación (*Tabla 1*):

Tabla 1: Características generales del compost

Característica	Compost
Producto final	Materia orgánica estable
Temperaturas máximas en proceso	65-70 °C
Humedad	60% durante todo el proceso de compostaje
Frecuencia de volteo	Determinada por la humedad y la temperatura de la cama
Duración del proceso	De 1 a 3 meses, dependiendo de la materia prima y la frecuencia de volteo
Temperatura luego de aplicado en campo	Estable

FUENTE: Soto (2003)

2.6.1. FORMACIÓN DE LAS PILAS DE COMPOST

“FOSA: Las fosas son huecos de no más de 90 cm de profundidad y con las dimensiones adecuadas para manejar la cantidad de residuos disponibles para composta (Burbano, 1998). La fosa debe hacerse ligeramente inclinada, con el fondo apisonado y los taludes ligeramente inclinados; se divide en tres porciones iguales, se apila material en dos de ellas, dejando la tercera para volteo” (Jaramillo, 2002).

“COLOCACIÓN DE RESIDUOS: Burbano (1998) recomienda colocar capas alternas, de abajo hacia arriba, compuestas por una capa de 15 cm de residuos vegetales, seguida por otra

de 5 cm de residuos animales y finalizando con una capa de 2 cm de espesor, de tierra; este arreglo se repite hasta llenar la fosa; después de acomodar cada paquete (22 cm), se debe humedecer el material, sin saturarlo” (Jaramillo, 2002).

“Entre las capas de tierra y de desechos animales se puede colocar una capa fina de cal agrícola, roca fosfórica o cualquier otro material que mejore las cualidades del compost que se está produciendo. La parte superior del material acumulado se cubre con una capa de tierra de unos 5 cm de espesor y se protege con ramas u otro material, de la lluvia” (Jaramillo, 2002). “Es necesario dejar huecos para ventilación en la pila. Éstos se hacen colocando palos de unos 10 cm de diámetro, a lo largo de la fosa, espaciados aproximadamente un metro o metro y medio, sin apretarlos con el material que se va colocando pues, cuando se termina el llenado de la fosa, hay que retirarlos” (Jaramillo, 2002).

“VOLTEO: Los materiales acumulados deben ser invertidos dos veces durante la fase de descomposición aeróbica, haciendo el primer volteo a las 3 semanas de cargar la fosa y el segundo, 3 semanas después de primero; de aquí en adelante la descomposición es anaeróbica y, por tanto, no requiere ventilación. La descomposición del material se puede acelerar si los volteos se hacen con mayor frecuencia: por ejemplo, semanalmente. Después del segundo volteo, el material se deja en la fosa otras 6 semanas en descomposición, al cabo de las cuales el compost está formado y listo para aplicar” (Jaramillo, 2002).

2.6.2. BENEFICIOS DEL COMPOSTAJE

“Según Burbano (1998), compostar los materiales orgánicos generan beneficios como:

- El material producido por este método es económico.
- La producción se hace en la finca, con lo cual se ahorran costos de transporte.
- El material transformado adquiere una relación C/N; tal que, es capaz de aportar buena cantidad de humus al suelo.
- El abono es balanceado desde el punto de vista nutricional.
- El sistema ofrece una buena alternativa para el manejo de desechos y basuras en la finca” (Jaramillo, 2002).

“Cegarra (1998) adiciona otros beneficios como:

- El material producido es biológicamente estable.
- Se reducen las características fitotóxicas de los residuos utilizados.
- Se reduce notablemente el contenido de patógenos en los desechos tratados.

- Se reducen los malos olores si se hace correctamente” (Jaramillo, 2002).

2.6.3. DESVENTAJAS DEL COMPOST

Jaramillo (2002) menciona que las desventajas de la producción del compost son:

- “Se pierden nutrientes en la etapa inicial de oxidación.
- Se pueden presentar malos olores si no hay buena aireación, debido a la fermentación de los materiales en la pila.
- El manejo de los materiales en la pila, aunque no es difícil, sí implica más trabajo y cuidados que otros métodos para manejar los desechos de la finca”.

2.6.4. MANEJO DE COMPOST

Para el manejo de compost se debe considerar:

- “Si se presenta fermentación (malos olores y presencia de moscas), se debe voltear inmediatamente la pila y se le deben mejorar las condiciones de aireación.
- A la fosa se le debe hacer drenaje, de manera que los líquidos producidos en la pila sean evacuados; éstos pueden ser recogidos en un foso adicional, en la parte baja de la fosa y externo a ella y pueden volver a ser adicionados a la pila” (Jaramillo 2002).

2.6.5. ESTUDIOS PREVIOS SOBRE APLICACIÓN DE COMPOST

Rafael (2006) indica que a una dosis de 10 Mg ha⁻¹ de compost aplicados a frijol común variedad canario centenario, se obtiene un rendimiento en grano seco de 1.13 Mg ha⁻¹, una longitud de vainas de 10.28 cm, y un porcentaje de materia seca total de 89.14.

Buendía (2012) obtuvo que la dosificación del suelo contaminado por hidrocarburos, la aplicación de compost de estiércol y aserrín en promedio disminuyó 22.5% el contenido de hidrocarburos en el suelo, empleando sólo compost de estiércol disminuyó 16.5% y usando solamente compost de aserrines disminuyó 9.6%.

Almonte (2017) recomienda utilizar combinaciones de 8 Mg ha⁻¹ de compost en el cultivo de vainita verde variedad Venus, incorporando compost al suelo en dosis total en la preparación del terreno. Obtuvo que para tal dosis se logra un promedio de 68.4% de floración, evaluando a los 55 días después de la siembra, en la región de Arequipa.

Guizado (2018) experimento con pilas para compost que contenían residuos frescos vegetales de comedores, poda de césped y la gallinaza, y determinó que la proporción

75:0:25 tuvo una diferencia significativa con 3.6 Kg de fracción degradada que pasó por el tamiz de 15 mm a diferencia de los otros tratamientos, y su caracterización fisicoquímica en promedio fue de pH 9.69, C.E. 6.1 dS m⁻¹ 1:5, Humedad 7 %, Materia Orgánica 45.06 % y C/N de 10, concluyendo que es el mejor tratamiento, porque tiene significancia en la obtención de partículas degradadas menores a 15 mm recomendadas por la NCH 2880-2004.

Quijandría (2018) halló que el tratamiento Compost 2 (estiércol mixto con paja de avena, 2 Kg mlineal⁻¹) tiene una tendencia a producir un mayor rendimiento total por m², pero un menor rendimiento comercial en comparación con el Compost 4 (estiércol de cuy y vacuno con rastrojo de *Vicia sp.*, 2 Kg mlineal⁻¹), el cual aporta una mayor cantidad de nutrientes.

2.7. BIOCHAR

“El biocarbón es el producto de la descomposición térmica de materiales orgánicos (biomasa) con escaso o limitado suministro de oxígeno (pirólisis), a temperaturas relativamente bajas (inferiores a los 700 °C) y que es destinado a uso agrícola, lo que hace que sea diferente al carbón usado como combustible y al carbón activado” (Rebolledo *et. al.*, 2016).

Las propiedades del producto final dependerán de las características de la materia prima empleada. La biomasa principalmente está formada por tres componentes orgánicos: hemicelulosa, celulosa y lignina (Del Amo, 2018).

“El biochar es un producto que posibilita las prácticas sostenibles en los agroecosistemas; ya que, mejora la fertilidad del suelo y la eficiencia del uso de nutrientes, facilitando además el uso de elementos disponibles localmente (Stocking, 2003; Elad, 2010). Por otro lado, el biochar no sólo aumenta la productividad del suelo, sino también, disminuye el impacto ambiental en los recursos hídricos del suelo (Robertson y Swinton, 2005)” (Nates, 2014).

“Cabe mencionar que, el uso de biochar como enmendador del suelo contribuye a que el carbono pueda ser almacenado durante años, suministrando estabilidad al suelo, favoreciendo el crecimiento de plantas, aumentando la producción de biomasa, promoviendo el crecimiento de raíces; y como consecuencia de esto, aumentando la productividad de los cultivos y el secuestro de carbono en el suelo (Lehmann *et. al.*, 2006)” (Nates, 2014).

2.7.1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL BIOCHAR

“La pirólisis es la degradación térmica o volatilización de la biomasa que en ausencia de oxígeno permite obtener una fracción de sólidos, líquidos y gases. El producto líquido o bioaceite podrá ser transformado y aprovechado como un combustible rico en hidrocarburos para la generación de energía térmica o mecánica o su combustión en motores. El gas de síntesis a su vez también puede ser empleado en la generación de energía térmica o mecánica o bien ser empleado para la producción de otros productos químicos. Finalmente, el material sólido, fracción de la que se obtendrá el biochar, se puede destinar bien a su combustión en procesos industriales o como materia prima para generar carbón activado (Gómez *et. al.*, 2008)” (Méndez, 2017).

“Según Woolf *et. al.*, (2010) la pirólisis puede ser clasificada según la velocidad a la que se produce la transformación de la biomasa empleada como materia prima. De esta forma la producción de biochar se llevará a cabo a partir de lo que se denomina pirólisis lenta, con tiempos de residencia largos y donde la obtención de biochar es mucho mayor que en los procesos de pirólisis rápida, donde predominará la obtención de bioaceite. La tasa de transferencia de calor durante el proceso de pirólisis es por tanto la que determinará tanto el rendimiento como las propiedades de los productos obtenidos. Cuando se trata de un proceso de degradación de la biomasa lento, la velocidad de calentamiento oscila entre 5 a 7°C min⁻¹, frente a los 300 °C min⁻¹ alcanzados en un proceso de pirólisis rápida (García-Pérez *et. al.*, 2010); así mismo, la temperatura alcanzada en la pirolisis lenta, en torno a 400 °C suele ser menor que en la rápida, en torno a 500 °C” (Méndez, 2017).

2.7.2. BENEFICIOS DE INCORPORAR BIOCHAR

“El biochar es considerado como un acondicionador del suelo, que mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas, añadido al suministro y retención de nutrientes (Glaser *et. al.*, 2002; Laird *et. al.*, 2010; Uzoma *et. al.*, 2011), mejorando su fertilidad (Lehmann, 2009; Abenza, 2012; Upadhyay *et. al.*, 2014) liberando importantes cantidades de fósforo y otros nutrientes esenciales como el azufre (González-Chávez *et. al.*, 2013) y su productividad (Glaser *et. al.*, 2001). Estos beneficios del biochar se han atribuido a diversos efectos, como la disminución en la densidad aparente, la mejora de la dinámica del agua al modificar la estructura del suelo y la capacidad de almacenamiento de agua del terreno (Lehmann y Joseph, 2015), el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y el efecto enalante (Glaser *et. al.*, 2002, Verheijen *et. al.*, 2010, Woolf *et. al.*, 2010). Así mismo, su alta

superficie específica (Glaser *et. al.*, 2002) reduce la lixiviación de nutrientes (Laird *et. al.*, 2010) y el efecto tóxico, tanto de contaminantes orgánicos (Rogovska *et. al.*, 2012) como inorgánicos (Houben *et. al.*, 2013). En relación a este último atributo Jiang *et. al.*, (2012) asegura por tanto que el biochar puede tratarse de una enmienda efectiva para el tratamiento de suelos contaminados, ya que provoca un incremento del pH y reduce la disponibilidad de los contaminantes” (Méndez, 2017).

2.7.3. DESVENTAJAS DE INCORPORAR DE BIOCHAR

Un aspecto desventajoso de este material es “su amplia variación en cuanto a sus propiedades dependiendo estas del tipo de biomasa y condiciones de pirólisis empleados (Spokas y Reicosky, 2009; Zimmerman *et. al.*, 2011 Gonzaga *et. al.*, 2017), siendo la temperatura uno de los parámetros más significativos (Rosas *et. al.*, 2015)” (Méndez, 2017).

2.7.4. ESTUDIOS PREVIOS SOBRE APLICACIÓN DE BIOCHAR

“Rondón *et. al.*, (2006), examinaron las causas del aumento de la fijación de N₂ biológica (BNF) de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a través de adiciones biochar. El biochar se añadió a los 0, 30, 60 y 90 g Kg⁻¹ de suelo. La proporción de N fijado aumentó en 50%. Los resultados demuestran el potencial de las aplicaciones de biochar para mejorar la entrada N en ecosistemas agrícolas” (Leveau, 2018).

“Yadav *et. al.*, (2016) en el trabajo sobre biochar elaborado a diferentes temperaturas para modificar suelos, reporta pH entre 8.92 y 11,14. Torres-Sallan *et. al.* (2014) refieren en España para el biochar elaborado por pirólisis lenta con cepas de vid que han cumplido su ciclo de producción un pH de 10.5. Guerra (2014) En su trabajo de biochar en la Amazonía peruana, producidos por pirólisis lenta en horno y analizados en los laboratorios de la UNALM, obtuvo pH entre 7.14 hasta 10.74 y CE valores de 6.91 dS m⁻¹. Curiel (2016) En el estudio de producción de biochar a temperaturas de 350 a 600 °C, describe pH en un rango de 7.97 a 10.35” (Iglesias, 2018).

Oses (2013) expone que el biocarbón combinado con la inoculación de *Bacillus subtilis*, mejora el crecimiento de plantas de tomate fertilizadas con compost orgánico, con un promedio de 13%, aumentando el peso seco aéreo de las plantas.

Gilces (2014) expresa que las cenizas procedentes de la combustión completa de la madera son también utilizadas como fertilizantes, pues son ricas en elementos esenciales para las

plantas; por lo que su devolución al suelo contribuye a complementar el ciclo natural de los nutrientes.

Guerra (2015) informa que los biochars que presentan un mayor contenido de Nitrógeno son los hechos a partir de cáscara de cacao (14.20 g Kg^{-1}) y con hoja de palma aceitera (12.90 g Kg^{-1}) debido a que son restos vegetales jóvenes (frutos y hojas) que suelen ser más ricos en nitrógeno en comparación con los restos vegetales más adultos (tallos): peciolo de la palma aceitera y raquis del palmito. El biochar de cascarilla de arroz es el que presenta el menor contenido de N (5.55%). Tanto el biochar de cáscara de sacha inchi y de cascarilla de arroz presentan el menor contenido de macro y micronutrientes mientras que el biochar de cáscara de cacao es el más enriquecido, con un alto contenido de Potasio.

2.8. DESCRIPCION DE *Phaseolus vulgaris* L.

2.8.1. ORIGEN E HISTORIA

“El frijol es uno de los cultivos más antiguos conocidos por el hombre que ha formado parte importante de la dieta humana desde tiempos remotos y tiene su centro de origen en la región de Mesoamérica, particularmente en el occidente y sur de México, y que hubo dos centros de domesticación: uno primario (Mesoamérica) y otro secundario (Sur Andino). La selección hecha por las culturas precolombinas generó un gran número de diferentes formas; y en consecuencia, también de diferentes nombres comunes dentro de los que destacan los de frijol, poroto, alubia, judía, frijol, nuña, habichuela, vainita, caraota y feijao. Los primeros exploradores y comerciantes europeos llevaron posteriormente las variedades del frijol americano a todo el mundo y a principios del siglo XVII, ya eran cultivos populares en Europa, África y Asia (Hernández *et. al.*, 1991)” (Chang, 2018).

2.8.2. IMPORTANCIA

Las legumbres en general se consideran cultivos relativamente rentables en comparación con otras opciones; tales como cereales y frijoles. Por ejemplo, en América Central los pequeños agricultores informan que, entre los cultivos de campo tradicionales, los frijoles son el mejor generador de ingresos. Además, se recomienda el consumo del frijol por ser una fuente importante de proteína vegetal de bajo costo que puede ser combinada eficazmente con los cereales, obteniéndose así una mezcla de alto valor nutritivo. Su importancia alimenticia

radica en su alto contenido proteico (21.9%) y su alto contenido de carbohidratos (60.9%) (Broughton *et. al.*, 2003).

El cultivo de frijol tiene importancia económica y social en nuestro país, por las siguientes razones (Broughton *et. al.*, 2003):

- Es una fuente barata de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales; tal y como se describe en la *Tabla 2*.
- Es común en la alimentación humana, ya sea como grano seco o como grano verde.
- Mejora la calidad de suelo, por que fija nitrógeno.

Tabla 2: Composición nutricional de la vainita en 100 g de producto comestible

Componente	Cantidad
Calorías	37
Agua	88.2 g
Proteínas	2.4 g
Carbohidratos	8.1 g
Fibra	2.3 g
Cenizas	1 g
Calcio	88 mg
Fósforo	49 mg
Hierro	1.4 mg
Vitamina A	317 UI
Vitamina B1 (Tiamina)	0.07 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0.2 mg
Niacina	0.71 mg
Vitamina C (Ác. Ascórbico)	9.6 mg

FUENTE: “Toledo (1995) citado por Martínez (2005)” (Almonte, 2017)

2.8.3. TAXONOMÍA

“Según Meneses *et. al.* (1996) citado por Huaraya (2013), la clasificación botánica es de la siguiente manera:

- Subreino: Fanerógamas
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Rosidae
- Orden: Fabales
- Familia: Fabaceae

- Subfamilia: Papilionoideae
- Género: *Phaseolus*
- Especie: *Phaseolus vulgaris*” (Almonte, 2017)

2.8.4. ASPECTOS BOTÁNICOS

“Meneses *et. al.* (1996) citado por Huaraya (2013) menciona que la vainita posee algunas características que conviene tener presentes, es una planta C-3 que realiza la fotosíntesis exclusivamente mediante el ciclo de Calvin; forma nódulos en las raíces que le permiten la fijación biológica del nitrógeno atmosférico; es predominantemente autógama aunque presenta un cierto porcentaje de polinización cruzada y tiene un hábito de crecimiento controlado genéticamente, pero puede ser modificado por el medio ambiente. La floración y el desarrollo consecuentemente de frutos, son escalonados. La antesis o apertura de flores de una planta ocurre en forma continua, en un lapso de dos hasta cuatro semanas, según el cultivar, el hábito de crecimiento y las condiciones ambientales. Este ritmo de floración continua también ocurre a nivel de la inflorescencia individual. La producción de un número de botones, flores o vainas jóvenes, es mucho mayor que el de vainas normales que llegan finalmente a alcanzar la madurez. Esto se debe a la pérdida de las tres estructuras, por abscisión o caída controlada fisiológicamente, pero modulada por el medio ambiente; además por la ocurrencia de vainas vanas que son aquellas retenidas en la planta hasta la madurez de la misma, por aborto de óvulos y semillas” (Almonte, 2017).

“El sistema radical es muy ligero y poco profundo; está constituido por una raíz principal y gran número de raíces secundarias con elevado grado de ramificación. El tallo es herbáceo, en variedades enanas presenta un porte erguido y una altura aproximada de 30 a 40 centímetros, mientras que las variedades de enrame alcanzan una altura de 2 a 3 metros, siendo voluble y dextrógiro (se enrolla alrededor de un soporte o tutor en sentido contrario a las agujas del reloj). La primera hoja es sencilla, lanceolada y acuminada, y todas las demás son compuestas de tamaño variable según la variedad. Las yemas se encuentran en las axilas de las hojas compuestas formando tríadas (3 yemas). Las tríadas pueden ser vegetativas, de flor o mixtas. Las flores son de color blanco en las variedades más importantes. Éstas pueden ser de diversos colores, pero son únicos para cada variedad. Las flores se disponen en racimos de 4 a 8 flores cuyos pedúnculos emergen de las axilas de las hojas o en las terminales de algunos tallos. El fruto es un a legumbre de color, forma y dimensiones variables, en cuyo interior se disponen de 4 a 6 semillas. Existen frutos de color verde,

amarillo jaspeado de marrón o rojo sobre verde, etc., aunque los más demandados por el consumidor son los verdes y amarillos con forma tanto cilíndrica como acintada” (Almonte, 2017).

“Los componentes del rendimiento primarios para el frijol se expresan a través del número de frutos por planta, número de semillas por vaina, peso de 100 semillas y peso total de semillas por planta (rendimiento). Las variedades del frijol varían ampliamente respecto a los componentes individuales del rendimiento” (Ascencio, 1972).

Cabe precisar que “según Camarena *et. al.*, (2012), en el Perú contamos con varios tipos de vainita que son agrupados de acuerdo a su forma de crecimiento, color de su vaina y forma de su sección transversal.

Según su forma de crecimiento:

- Enano o arbustivo, plantas determinadas y de corto periodo vegetativo
- De guías o trepador, plantas que forman guía y pueden requerir soporte

Según el color de vaina:

- Verde, son los más comunes y son de uso fresco, conserva y congelado
- Amarillo, considerados de muy buena calidad, para determinados mercados

Según su sección transversal de la vaina:

- Redondo, esto lo poseen la mayoría, sin fibra, ni hiliium
- Ovalado, son gran número, a diferencia del redondo no tienen ni fibra, ni hiliium
- Aplanado o achatado, son productivos, y poseen fibra e hiliium al llegar a la madurez” (Mori, 2017).

2.8.5. CULTIVARES PRECOCES

Los cultivares de vainita que “son muy precoces y de poco desarrollo, tienen raíces superficiales, siendo sensibles a la humedad del suelo, tienen raíces superficiales, siendo sensibles a la humedad del suelo y el exceso forma a las plantas cloróticas, afectando su productividad. La falta de agua también la afecta negativamente, períodos de déficit de agua antes de la floración, no sólo retarda el crecimiento, sino que además alarga el período de formación de las vainas. El desarrollo de las vainas, es una etapa crítica y una inadecuada humedad del suelo, en esta fase provoca una reducción en los rendimientos y calidad; en especial, si las condiciones climáticas favorecen una alta evaporación” (Cepeda, 2012).

2.8.6. CULTIVAR JADE

“Cultivar semi-precoz que presenta la sección transversal de la vaina redonda, con su color de semilla blanco; es de uso fresco. De crecimiento arbustivo determinado, vigorosa con alto rendimiento. Vainas verdes distintivas firmes y redondeadas. Miden de 15.5 a 17.5 cm después de la siembra (Ugás *et. al.* .2000)” (Mori, 2017).

“El hábitat de crecimiento de Jade es determinado arbustivo, con las siguientes características (Arias *et. al.* 2007):

- El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada
- En general, el tallo es fuerte, con un bajo número de entrenudos, de cinco a diez, normalmente cortos
- La altura puede variar entre 30 y 50 cm; sin embargo, hay casos de plantas enanas, más cortas
- La etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo” (Carita, 2016)

2.8.7. ASPECTOS EDAFOCLIMÁTICOS

“La vainita es un cultivo muy conveniente para la región andina alta, su capacidad de adaptación a las condiciones climáticas le permite producir regularmente entre las temperaturas de 13 a 26 °C con un rango óptimo de producción entre 21 y 15 °C. Estas últimas temperaturas pueden darse apropiadamente en las zonas comprendidas entre las alturas aproximadas a los 1200 y 2100 m.s.n.m. Además, sus características de planta leguminosa, de ciclo corto, alto rendimiento y buen precio lo catalogan como un cultivo rentable” (Carrillo, 2018).

“Se considera que como mínimo requiere de 8 a 12 °C para germinar; de 15 a 18 °C para la floración; y de 18 a 20 °C para la formación y desarrollo de las vainas (Giaconi, 1996). Las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas lo acortan. Una planta de vainita puede soportar por períodos cortos temperaturas de 5 a 40 °C, pero si se prolonga ocurren daños irreversibles, como falta de floración o problemas de esterilidad (Giaconi, 1996)” (Alfárez, 2009).

“La vainita prospera bien en distintos tipos de suelos, siendo mejor en los francos arenosos o francos arcillosos. No se logran buenos resultados en los arcillosos, que presentan problemas de compactación y drenaje, lo que afecta el desarrollo radicular. Los suelos

arenosos son generalmente deficientes en nutrientes. La vainita es una planta sensible a la salinidad, siendo afectado el cultivo cuando los suelos presentan una conductividad eléctrica superior a los 2 mS cm⁻¹” (Padilla, 2013).

“Esta planta se desarrolla mejor en suelos sueltos, franco a franco-arenosos, profundos, permeables y con buen drenaje; no resiste condiciones de salinidad, alcalinidad ni mucha acidez; el pH óptimo es de 5.5 a 6.8; el exceso de agua en el suelo provoca clorosis generalizada (Huaraya 2013)” (Almonte, 2017).

2.8.8. MANEJO AGRONÓMICO

A. SIEMBRA

“En la Costa Central se recomienda distanciamientos de siembra de 0.8 m entre surcos e hilera doble y 2 a 3 semillas por golpe distanciados cada 0.2 a 0.3 m. La cantidad de semilla necesaria por hectárea varía de 70 a 100 Kg ha⁻¹ (Ugás *et. al.*, 2000)” (Carillo, 2018).

B. RIEGO

“Los riegos deben ser frecuentes y ligeros, no debiendo faltar durante la floración y desarrollo de las vainas. Debe procurarse una humedad constante sin que se encharque el terreno. (Camarena *et. al.*, 2012)” (Carillo, 2018).

C. FERTILIZACIÓN

“La vainita crece muy rápidamente desde la germinación de la semilla; y por lo general, responde bien a fertilizantes nitrogenados según los requerimientos del suelo utilizado. En algunos suelos orgánicos el P₂O₅ puede faltar más que el N. El mejor sistema es aplicar la mayor parte en bandas a cada lado de la semilla 5 a 7 cm y un poco más debajo de la misma 2 o 3 cm. Esto se logra a mano con azadón haciendo surcos laterales, en cuyo caso a veces se aplica en un solo lado, o regando el abono en círculo alrededor de la planta en desarrollo y luego tapándolo para evitar se lixivie con el agua. La semilla no debe quedar en contacto con el fertilizante en ningún caso (Cáceres, 1980; citado por Huaraya, 2013)” (Almonte, 2017).

“Es un cultivo de poca respuesta a la fertilización; sin embargo, produce bien en suelos fértiles. La extracción total de nitrógeno, fósforo y potasio por hectárea para un rendimiento de 11000 Kg de vainita es de alrededor de 190 Kg, 18 Kg y 120 Kg, respectivamente. De

este total la cosecha extrae 135 kg de nitrógeno, 11 kg de fósforo y 54 de potasio. El potasio es absorbido en la etapa previa a la floración siendo la extracción del fósforo constante durante el desarrollo del cultivo. Una dosis de 70-80-80 puede servir de referencia para suelos de nuestra costa. En suelos medianamente fértiles o cuando este cultivo se siembra en suelos intensamente fertilizados la aplicación de 60 kg de N ha⁻¹ es suficiente. La vainita es sensible a la carencia de zinc, molibdeno, manganeso y cobre siendo afectada por el exceso de boro y cloro (Toledo 1995)” (Gutiérrez, 2016).

2.9. ESTUDIOS SOBRE LA APLICACIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS EN VAINITA JADE

Gutiérrez (2016) probó cinco tratamientos en vainita utilizando extractos de algas marinas (Agrostemin, Phyllum, Fertimar y Ecoalga) y materia orgánica (Koripacha, quelatante y sinergizante de fertilizantes químicos, con una dosis de 1 Mg ha⁻¹), y un testigo. El rendimiento varió de 5.6 a 9.48 Mg ha⁻¹, donde la materia orgánica obtuvo un promedio de 8.6 Mg ha⁻¹. En cuanto a calidad, se obtuvo un promedio de 17.05 cm de largo y 8.49 mm de diámetro. El contenido de materia seca los valores fueron 17.46 % para hojas, 18.44 % para tallos y 7.21 % para vainas.

Mori (2017) evaluó el rendimiento y calidad de seis cultivares, siendo cinco de origen norteamericano y el tratamiento testigo (cultivar Jade), el más cultivado de la zona costera. Dentro de los resultados obtenidos resalta que el cultivar Jade obtuvo un alto porcentaje de floración con 93% comparado con los demás cultivares, a los 45 días de la siembra. Los rendimientos obtenidos para Jade fueron de 5.9 Mg ha⁻¹. En cuanto a la calidad de la vaina, Jade obtuvo diámetro de 8.6 mm y longitud de vaina de 18.02 cm. El contenido de materia seca los valores fueron 19.14 % para hojas, 20.96 % para tallos y 6.97 % para vainas.

Almonte (2017) realizó un ensayo en La Irrigación Majes, Arequipa. El objetivo fue determinar el incremento del rendimiento de vainas verdes de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad venus utilizando sustancias húmicas y compost. Los resultados determinan que el mejor incremento se logró por efecto de la aplicación combinada de 8 Mg ha⁻¹ de compost y 74 L ha⁻¹ de sustancias húmicas, con un rendimiento total ascendente a 18.3 Mg ha⁻¹ en condiciones de zonas áridas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA EXPERIMENTAL

El presente trabajo se llevó a cabo en los campos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en el distrito de La Molina, Departamento de Lima. El campo elegido está ubicado frente al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía (*Figura 2*).



Figura 2: Ubicación del campo experimental del cultivo de vainita

FUENTE: Google Mapas

3.1.1. UBICACIÓN

La ubicación geográfica del campo experimental se encuentra en la latitud sur $12^{\circ}05'06''$, en la longitud oeste $76^{\circ}56'52''$ y a una altitud de 238 m.s.n.m.

3.1.2. CLIMA

Se trabajó con datos meteorológicos semanales para contar con información precisa, estos fueron proporcionados por el Observatorio “Alexander Von Humboldt”, ubicado dentro de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con situación geográfica $12^{\circ}05$ S de Latitud, $76^{\circ}57$ W de Longitud y 243.7 m.s.n.m.

La fase de campo de la investigación tuvo una duración de 98 días, comprendido desde la siembra hasta la última cosecha, abarcando los meses de marzo, abril, mayo y junio del 2018, coincidiendo con los meses donde se expresa el clima ideal para el desarrollo del cultivo de vainita, de marzo a setiembre (Gutiérrez, 2016).

3.1.3. TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

En la *Tabla 3* se presenta el resumen de los datos meteorológicos por semana, donde se observa que la variación de la temperatura promedio para la siembra fue de 23.84 °C y la humedad relativa promedio de 70.49%, durante el tiempo de cosecha la temperatura promedio fue de 21.24 °C y la humedad relativa promedio de 81.05%.

Tabla 3: Valores semanales promedio de temperatura y humedad relativa en La Molina, durante el periodo de marzo junio de 2018

Nº SEMANA	Tº MEDIA (°C)	Tº MÁX (°C)	Tº MIN (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
1	23.84	28.05	19.63	70.49
2	23.78	28.69	18.86	69.43
3	24.38	29.23	19.53	69.27
4	23.84	28.54	19.13	70.49
5	23.17	28.40	17.94	72.38
6	23.13	28.39	17.86	69.96
7	22.78	28.10	17.46	71.12
8	22.27	28.01	16.53	63.32
9	23.12	27.93	18.30	71.60
10	22.10	27.90	16.29	75.61
11	22.02	27.90	16.13	77.64
12	21.32	27.90	14.74	76.03
13	21.25	27.90	14.60	79.85
14	20.77	27.90	13.63	82.33
15	21.60	27.90	15.29	86.00
16	21.25	27.90	14.60	87.46
17	21.09	27.90	14.27	84.26
18	19.94	27.90	11.98	81.45

FUENTE: Data del Observatorio "Alexander Von Humboldt" de la UNALM

3.1.4. SUELO

El suelo de La Molina está clasificado según el sistema Soil Taxonomy (USDA-NCRS 2014) como un Ustic Torrifuvents y presenta horizontes genéticos: Ap – A – C (Gutiérrez, 2018). También es clasificado fisiográficamente como una terraza media de origen aluvial. Se

caracterizan por presentar buen drenaje, permeabilidad moderada, con textura media a ligeramente gruesa, estructura granular fina y consistencia friable en húmedo.

Para la caracterización físico-química del área en estudio se utilizó un muestreo que se realizó en la misma campaña. En la *Tabla 4*, se presentan los resultados de los análisis de caracterización de suelo realizados en el campo del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se puede apreciar que la CE(es) del suelo es de 3.86 dS m^{-1} , estando fuera del umbral de salinidad tolerable del cultivo según Havling *et. al.* (2015) 1 dS m^{-1} y según Camarena *et. al.* (2009) 2 dS m^{-1} . El contenido de materia orgánica es bajo (1,64 %), el nivel fósforo es medio (10.40 ppm) y un nivel alto de potasio (274 ppm), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) tiene un nivel bajo ($13.12 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$).

Tabla 4: Análisis de caracterización del suelo en el campo experimental donde se sembró vainita (Phaseolus vulgaris L.) cv. Jade La Molina, 2018

VARIABLE	VALOR	METODOLOGÍA
pH (1:1)	7.81	Medida en el potenciómetro 1:1
CE (1:1) (dS m^{-1})	1.93	Medida de la CE 1:1, suelo : agua
CaCO₃ (%)	4.80	Gasovolumétrico con calcímetro
M.O. (%)	1.64	Walkey y Black
P (ppm)	10.40	Olsen modificado
K (ppm)	274	Extracción con acetato de amonio
Arena (%)	52	Hidrómetro
Limo (%)	24	Hidrómetro
Arcilla (%)	24	Hidrómetro
Clase textural	Fr. Ar. A.	Hidrómetro
CIC	13.12	Saturación con acetato de amonio
Ca⁺²	9.42	Reemplazo con acetato de amonio
Mg⁺²	2.93	Reemplazo con acetato de amonio
K⁺	0.56	Reemplazo con acetato de amonio
Na⁺	0.21	Reemplazo con acetato de amonio
Al⁺³ + H⁺	0	Yuan
Suma de cationes	13.12	
Suma de bases	13.12	
Saturación de bases (%)	100	

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF), Universidad Nacional Agraria La Molina.

Asimismo, en la *Tabla 5* se muestran las relaciones catiónicas que, según los rangos sugeridos en el Análisis de caracterización de suelos realizado por el Laboratorio de Suelos, un valor entre 3-18 para la relación catiónica Mg/K es aceptable, un valor entre 2-5 para

Ca/Mg es ideal y un valor <30 para Ca/K es adecuado, se determina que los tres valores presentan un balance catiónico.

Tabla 5: Relaciones catiónicas

RELACIONES CATIÓNICAS	
Mg / K	5.23
Ca / Mg	3.22
Ca / K	16.82

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF), Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS EMPLEADOS

3.2.1. CULTIVAR

Se empleó el cultivo de vainita Jade. “Este cultivar presenta un hábito de crecimiento arbustivo determinado, muy vigoroso de alto rendimiento. Las vainas son firmes, redondeadas con un color verde distintivo, miden 15.5 a 17.5 centímetros de longitud, son dulces, lisas y de fácil desprendimiento lo que facilita la cosecha. Cultivar sin fibras. Los días a la cosecha se encuentran entre los 50 a 60 días después de la siembra. Tiene un rendimiento potencial de 10 Mg ha⁻¹ (Camarena, 2012; Loayza, 2011). Se caracteriza por producir vainas de sección redonda y rectas, buena longitud (16 a 18 cm). Es de pulpa muy firme, color verde oscuro y con un lento desarrollo de semilla. Tiene un diámetro de 9 mm. Tiene la característica de conservar este color verde durante largo tiempo, lo cual permite que el cultivar pueda sea recolectado durante distintas etapas de su desarrollo. Se mantiene muy bien durante transporte y el almacén (Álvarez, 2007)” (Gutiérrez, 2016).

3.2.2. MATERIALES ORGÁNICOS

En el siguiente experimento se utilizó biochar procedente de la pirólisis de restos de poda de especies arbustivas y arbóreas de los parques de la UNALM, donado por el Ing. Wilson Castañeda, Ing. Químico del Centro Modelo de Tratamiento de Residuos (CEMTRAR) de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El material se tamizó luego de convertirse ceniza, para utilizar las partículas con menos de 1.4 mm de diámetro. También se utilizó compost proporcionado por el Taller de Conservación de Suelos y Agricultura Sostenible (CONSAS) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, a base de rastrojos de cosecha con estiércol de vacuno.

En la *Tabla 6* se muestran las características químicas de los tratamientos empleados, y en la *Tabla 7* se muestran los aportes de nutrientes de las fuentes orgánicas, hallados siguiendo el procedimiento de Alegre *et. al.* (2014).

Tabla 6: Características químicas de las diferentes fuentes orgánicas utilizadas

	BIOCHAR	COMPOST	MEZCLA B+C
pH	10.67	7.04	7.67
CE (dS m⁻¹)	28.40	9.15	9.58
M.O. (%)	28.23	34.31	33.33
Hd (%)	7.18	30.48	30.61
N (%)	0.36	1.55	1.20
P₂O₅ (%)	1.74	0.87	1.19
K₂O (%)	3.72	1.02	1.25

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF), Universidad Nacional Agraria La Molina.

Tabla 7: Niveles aportados de nutrientes de las fuentes orgánicas evaluadas

	BIOCHAR	COMPOST	MEZCLA B + C
Cantidad de material aplicado (Mg ha⁻¹)	0.50	5.00	2.75
Hd (%)	7.18	30.48	30.61
Materia seca (%)	92.82	69.52	69.39
Materia seca (Kg ha⁻¹)	464.10	3476.00	1908.23
M.O. (%)	28.23	34.31	33.33
C orgánico (%)	16.37	19.90	19.33
C orgánico (Kg ha⁻¹)	76.00	691.77	368.92
Al suelo (35%)	26.60	242.12	129.12
Humus (Kg ha⁻¹)	45.86	417.42	222.60
Mineralización a N (2%) (Kg ha⁻¹)	0.92	8.35	4.45
Relación C/N	45.49	12.84	16.11

3.2.3. MATERIALES

De Campo: Semilla de vainita cultivar Jade, palas, tornillo, escardas, bolsas de papel y plástico, wincha, cal.

De laboratorio: Vernier, cuchillo, lapiceros, tijeras de podar, estufa, balanza de precisión, agitador, cernidor, bandejas de plástico, equipo multiparamétrico Consort, piceta, probeta.

3.3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTO

3.3.1. INSTALACIÓN

El campo destinado al presente trabajo fue dividido y marcado con cal cada sección. Se sectorizó con bloques, y en cada uno se ubicaron las parcelas de cada tratamiento de manera aleatoria. La unidad experimental fue de 16 m². Cada parcela estuvo compuesta por 4 surcos que midieron 5 m de largo y 0.8 m de ancho, y entre bloques una separación de 1 m, que corresponde la calle dentro del campo. El distanciamiento entre golpes para la siembra fue de 25 cm a doble hilera por surco. Cada bloque de 64 m² y el área neta total fue de 256 m².

3.3.2. MANEJO

A. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Para la preparación del terreno se siguió los mismos criterios usados en los campos comerciales de producción de vainita del fundo. Consistió en el riego de machaco, aradura, pasa de rastra y surcado, se surcó a 0.8 m. El cultivo anterior fue brócoli.

B. SIEMBRA

Se procedió a sembrar en ambas costillas del surco, según el distanciamiento establecido de 0.25 m. entre golpes de siembra. Por hilera de parcela se sembraron 10 golpes. Para cada uno de estos se colocaron 3 semillas ligeramente espaciadas entre ellas. La densidad de siembra es de 15 semillas por metro cuadrado, aproximadamente 150 000 plantas ha⁻¹.

C. RIEGOS

El método de riego aplicado fue por gravedad, que consistió en la conducción de una corriente de agua desde una fuente abastecedora hacia nuestro campo, aplicado directamente a la superficie del suelo cubriendo total o parcialmente el suelo, la frecuencia de riego fue de una vez por semana, martes o jueves por la mañana durante 2 horas.

D. FERTILIZACIÓN

La fertilización se realizó con dos materiales orgánicos, siendo éstos parte de los tratamientos evaluados. La incorporación del material orgánico fue entre los golpes de siembra. Esta labor se hizo luego de la emergencia de la planta, con tres hojas verdaderas.

Según los tratamientos designados, se incorporó por parcela 0.8 Kg de biochar, 8 Kg de compost y 4.4 Kg de la mezcla (0.4 Kg de biochar + 4 Kg de compost). Cada cantidad por parcela se dividió entre el número de golpes de siembra de los 4 surcos a doble hilera. Entre golpes se aplicaron 10g de biochar, 100 g de compost y 55g de la mezcla, según tratamiento.

Todo fue pesado y dividido en el Laboratorio de Fisiología y Manejo de Cosecha y Post Cosecha de Frutas y Hortalizas, y separado en bolsas plásticas para su aplicación. Las bolsas se retiraron del campo una vez acabada la aplicación.

E. DESMALEZADO

Se realizaron 5 deshierbos manuales a los 7, 14, 21, 35, 49 días después de la siembra, utilizando lampas y escardas. Se desmalezó surco, fondo de surco y caminos.

F. CONTROL FITOSANITARIO

No hubo incidencia significativa de plagas que afectaran al cultivo, sin embargo, hubo presencia de *Sclerotinia sclerotiorum*, apreciándose en campo plantas con micelio blanco. Al finalizar la primera cosecha se encontraron focos infecciosos, y luego de la evaluación del nivel de infección de plantas, se optó por realizar el control cultural removieron aquellos individuos infectados, para así evitar la diseminación.

G. COSECHA

Se realizaron 4 cosechas, las cuales fueron a los 56, 63, 70 y 77 días después de la siembra.

3.4. TRATAMIENTOS EVALUADOS

Se evaluaron cuatro tratamientos, los cuales se muestran en la *Tabla 8*. Los tratamientos fueron biochar, compost y la mezcla de ambos, teniendo tratamiento testigo (sin aplicación).

La dosis de biochar utilizada fue de 0.5 Mg ha⁻¹ y la de compost 5 Mg ha⁻¹. La mezcla se realizó combinando ambos materiales en proporciones del 50% de su dosis por ha, biochar se usó 0.25 Mg ha⁻¹ y la de compost 2.5 Mg ha⁻¹, es decir, 2.75 Mg ha⁻¹ de la mezcla para el tratamiento correspondiente.

Tabla 8: Detalle de tratamientos y dosis empleados

Tratamientos	Fuente	Dosis Mg ha ⁻¹
1	Testigo	0
2	Biochar	0.5
3	Compost	5
4	Biochar + Compost	2.75

El croquis del presente ensayo se muestra en la *Figura 3*.

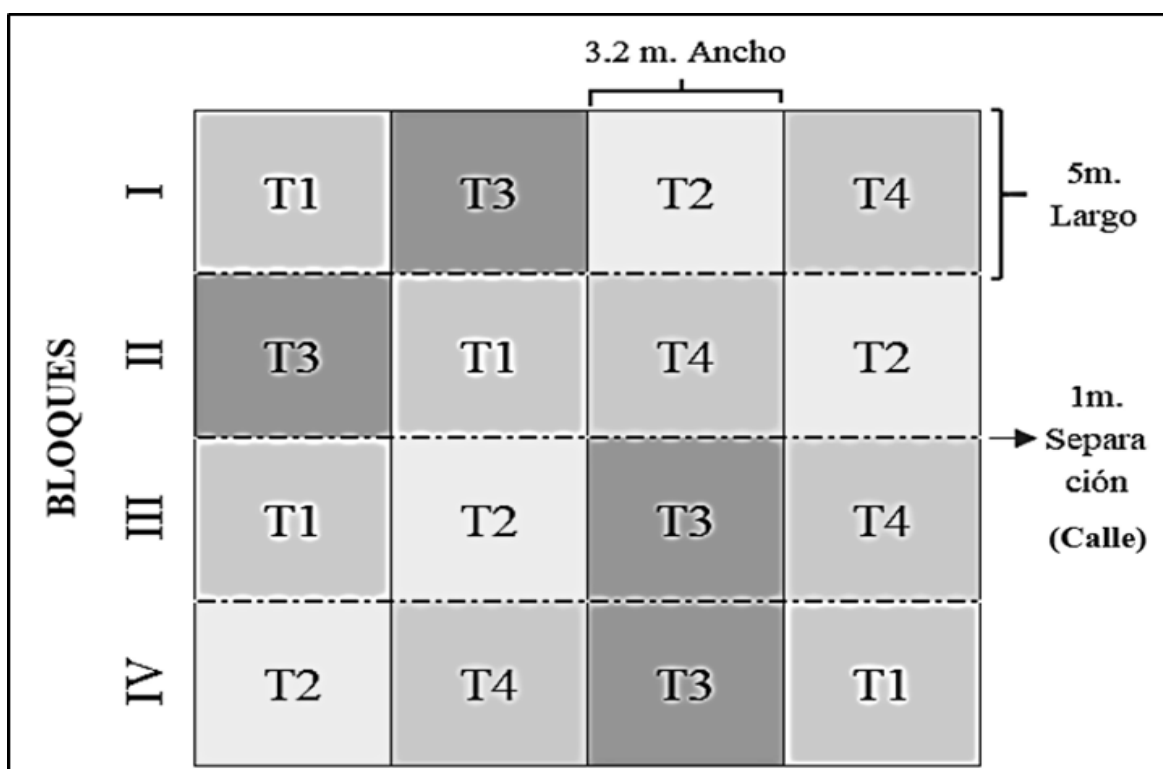


Figura 3: Croquis de distribución del ensayo en vainita (*Phaseolus vulgaris L.*) cv. Jade en La Molina 2018

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, con un total de dieciséis unidades experimentales. Los resultados obtenidos de las variables analizadas fueron sometidas a un análisis de varianza (ANVA) y la comparación de medias de los tratamientos se trabajó con la prueba de Tukey al 0.05%. El análisis estadístico se realizó en el programa R 3.5.1., empleando el paquete Agricolae.

3.6. PARÁMETROS EVALUADOS

3.6.1. PORCENTAJE DE FLORACIÓN

Se evaluó a los 45 días después de la siembra.

3.6.2. RENDIMIENTO DE VAINITA

- Cosechas parciales: Se realizaron cuatro cosechas y en cada una se pesó lo obtenido.
- Rendimiento estimado por hectárea: Se pesaron las cosechas parciales para obtener el rendimiento total y por hectárea.

3.6.3. CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN

- Número de vainitas por kilogramo: Se contaron las vainitas que había en un kilogramo cosechado de cada parcela.
- Largo de fruto: Se tomó una muestra de diez vainas al azar de cada parcela en cada cosecha, para luego medir el largo con vernier.
- Diámetro de fruto: Se tomó una muestra de diez vainas al azar de cada parcela en cada cosecha, para luego medir el diámetro con vernier.

3.6.4. BIOMASA EN MATERIA SECA Y FRESCA

Se tomaron dos plantas representativas de cada parcela y se realizó el pesado de hojas, tallos y frutos (peso fresco por separado), luego se colocaron muestras de 100 gr. de cada órgano en estufa (70°C - 48Hrs.), para calcular el porcentaje de materia seca de cada tratamiento usando la siguiente fórmula: $\text{Materia seca (\%)} = \text{PS (peso seco)} * 100 * \text{PF}^{-1}$ (peso fresco)

3.6.5. PROPIEDADES DEL SUELO

- pH de suelo, se empleó un equipo multiparamétrico Consort para la solución 1:1. La solución se preparó con 20 g de suelo tamizado (2mm) seco al aire y con 20 ml de agua destilada, y se llevó al agitador por 20 minutos y se deja reposar 30 minutos, para luego ser medida.
- CE de suelo se empleó un equipo multiparamétrico Consort para la solución 1:1. La solución se preparó con 20 g de suelo tamizado (2mm) seco al aire y con 20 ml de agua destilada, y se llevó al agitador por 20 minutos y se deja reposar 30 minutos, para luego ser medida. El resultado es multiplicado por un factor (CE1:1 x 2=CEes), para tenerlo en extracto.
- Densidad aparente del suelo, se usó el método del terrón revestido con parafina. En una probeta de 50 ml se midió el desplazamiento de un terrón secado al aire y recubierto de parafina sostenido por hilo, realizándose tres repeticiones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PORCENTAJE DE FLORACIÓN

En la *Tabla 9*, se muestran los valores de porcentaje de floración de los cuatro tratamientos. Se realizó esta evaluación a los 45 días después de la siembra, contabilizando plantas cuyos botones florales estaban abiertos.

Tabla 9: Porcentaje de floración en vainita (Phaseolus vulgaris L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos

Material	Porcentaje de floración (%)
Testigo	93.8 a*
Biochar	98 a
Compost	94.7 a
Biochar + Compost	95.4 a
Promedio	95.5
Significancia	N.S.
C.V. (%)	2.91

**Medias con la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey con un $\alpha=0.05\%$; C.V.= Coeficiente de Variabilidad; N.S.= No significativo*

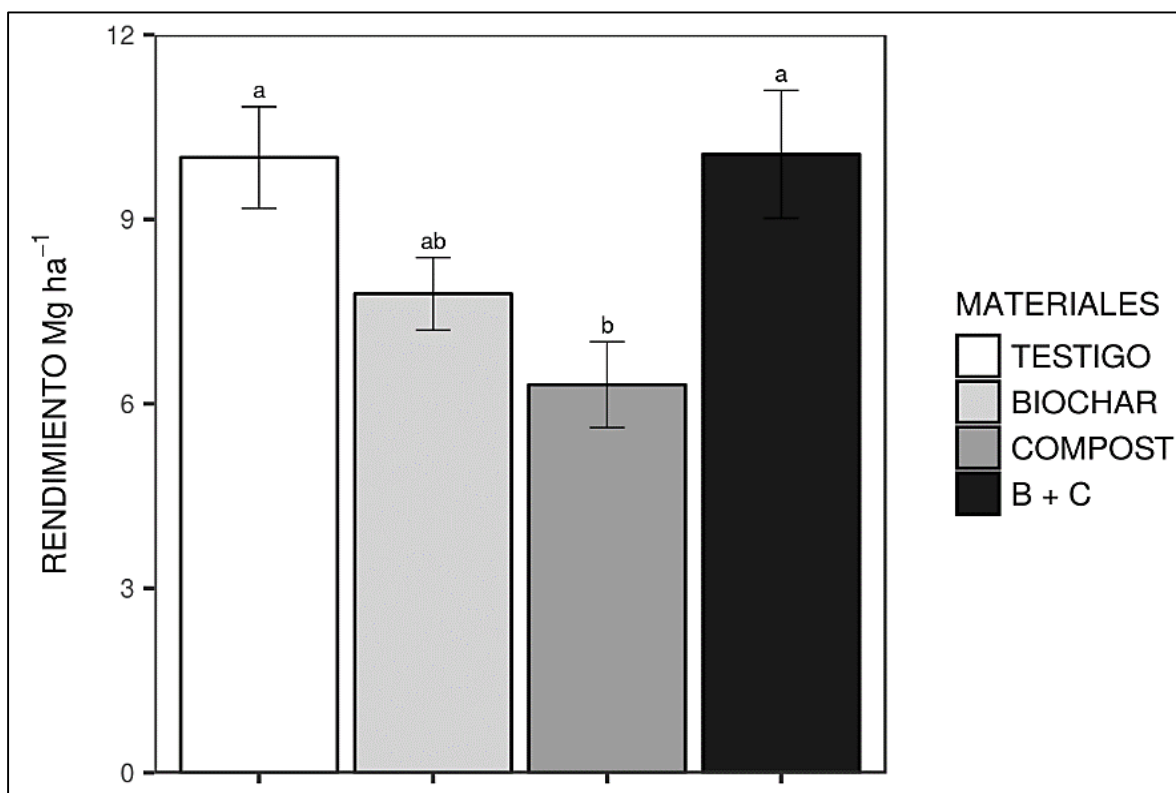
Cabe resaltar la importancia de la floración, “según CENTA (2003) la flor es el órgano más débil de la planta de vainita y cualquier deficiencia que ésta sufra la va a manifestar cayéndose. Los factores que afectan la floración pueden ser: cambios bruscos de temperatura, crecimiento vegetativo excesivo, descenso de la humedad relativa, estrés hídrico en el momento de la floración, exceso de temperatura, exceso de fertilización nitrogenada o tratamientos fitosanitarios que sin llegar a ser fitotóxicos dañen la flor” (Reyes, 2016).

“Camarena (2012), menciona que se requiere como mínimo temperaturas entre 15 y 18 °C para el proceso de floración en vainita” (Mori, 2017). Durante el presente ensayo las temperaturas no bajaron de 14.93 °C según la Estación Meteorológica del Huerto de la UNALM (2018), por ello, se asume que las temperaturas no fueron un limitante en el proceso de floración.

Arias *et. al.* (2007) menciona que el hábitat de crecimiento de Jade es determinado y arbustivo, y que su etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo (Carita, 2016). Mori (2017) obtuvo en su ensayo experimental diferencias significativas en la floración, determinando que Jade es el cultivar más precoz comparado las variedades Newton, Cosmos, Oriental, Dynasty y BSC 897. Los resultados obtenidos en el ensayo fluctuaron entre 89.5 y 100 % de floración con un promedio de 95.5% sin obtener diferencias significativas, lo que indica que ninguno de los abonos empleados logró acelerar esta etapa.

4.2. RENDIMIENTO DE VAINITA

En la *Figura 4*, se muestran los rendimientos en fresco de los cuatro tratamientos evaluados. Se consideraron las 4 cosechas parciales para obtener el rendimiento total por hectárea.



Donde: B= Biochar; C= Compost

Figura 4: Rendimiento total (Mg ha⁻¹) del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris L.*) cv. Jade empleando materiales orgánicos

Hubo diferencias significativas entre tratamientos. Siendo el valor del coeficiente de variabilidad de 16.62. “Calzada (1982) señala que en experimentos de rendimientos agronómicos los coeficientes de variabilidad varían generalmente entre 9 y 29, valores que exceden estos límites pueden considerarse extremos” (Gutiérrez, 2016).

“Toledo (1995) señala que los rendimientos pueden variar dependiendo del cultivar, época de siembra, condiciones agronómicas y sistema de cosecha” (Gutiérrez, 2016). Las condiciones climáticas para el presente ensayo realizado en la Costa peruana, fueron óptimas para la siembra, crecimiento y cosecha del cultivo, concentrándose la producción en los meses de marzo, abril, mayo y junio. De acuerdo al registro climático mencionado anteriormente, las temperaturas promedio semanales y humedad relativa no entorpecieron los procesos metabólicos del cultivo, lo que permitió el crecimiento y desarrollo del mismo, aunque la producción total obtenida no alcanzó “el rendimiento potencial de 10 Mg ha⁻¹ (Camarena, 2012; Loayza, 2011)” (Gutiérrez, 2016).

El rendimiento nacional de vainita en fresco es de 7.9 Mg ha⁻¹ (MINAGRI, 2017). Ugás *et al.* (2000) también señala que el rendimiento óptimo en la Costa central para este cultivo es de hasta 14 Mg ha⁻¹ (Mori, 2017). Mientras que, para el presente experimento los rendimientos oscilaron entre 6.2 Mg ha⁻¹ y 10.1 Mg ha⁻¹. El mayor rendimiento se observó para el tratamiento 4, mezcla de compost y biochar, con 1.58 Mg ha⁻¹ por encima del promedio del ensayo. Por otro lado, el de menor producción fue el tratamiento con compost, con 2.3 Mg ha⁻¹ por debajo del promedio.

“Loayza (2011) evidencia en su ensayo de producción de seis cultivares de vainita en rotación con crotalaria en un sistema de producción orgánica, que el cultivar Jade presentó un valor de 5.18 Mg ha⁻¹” (Mori, 2017). Gutiérrez (2016) en su experimento de uso de extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de vainita, obtuvo un rendimiento de 5.6 Mg ha⁻¹ empleando el mismo cultivar Mori (2017) obtiene en su ensayo comparativo de seis cultivares de vainita bajo condiciones de La Molina, que el cultivar Jade presentó un rendimiento de 5.9 Mg ha⁻¹. Mientras que, en el presente ensayo se obtuvo para el cultivar Jade un rendimiento promedio de 8.53 Mg ha⁻¹, siendo mayor que los valores obtenidos por los autores mencionados.

Padilla (2013) menciona que el cultivo de vainita prospera bien en distintos tipos de suelos, siendo mejor en los francos arenosos o francos arcillosos que favorecen el desarrollo radicular, también menciona que la vainita es una planta sensible a la salinidad, siendo afectado con una CEEs superior a los 2 mS cm⁻¹, mientras que, Huaraya (2013) precisa que, esta planta se desarrolla mejor en suelos sueltos, franco a franco-arenosos, profundos, permeables y con buen drenaje, que no resiste condiciones de salinidad, alcalinidad ni mucha

acidez, además, menciona que el pH óptimo es de 5.5 a 6.8, y que el exceso de agua en el suelo provoca clorosis generalizada (Almonte, 2017).

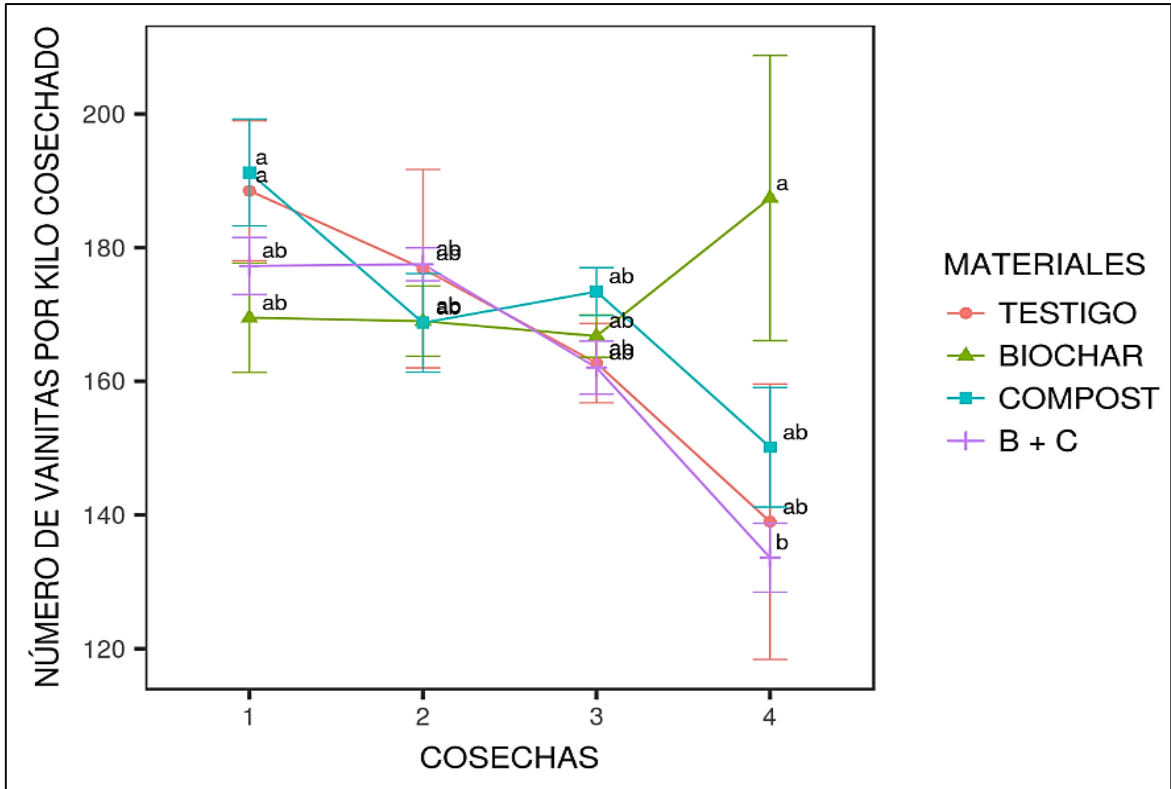
Según los resultados del análisis del suelo presentados en la *Tabla 4*, se determinó que la textura del suelo en el que se hizo el experimento es franco arcillo arenoso y la profundidad efectiva de 30 cm. Estas condiciones se presumen óptimas para un buen desarrollo y crecimiento del cultivo, sin embargo, el rendimiento potencial esperado no se alcanzó, aun cuando se emplearon abonos para potencializar la producción.

El suelo de La Molina es considerado como bueno, no pobre, de buenas características para el establecimiento de cualquier cultivo, esto explicaría la respuesta obtenida entre los diferentes tratamientos con abonos orgánicos, donde no hubo diferencias significativas en la producción. Cabe resaltar que, el tiempo de interacción abono-suelo fue de dos meses y que las condiciones climáticas para ese momento fueron de descenso de temperatura y aumento de humedad relativa, tales condiciones posiblemente no fueron las indicadas para que los abonos interaccionen con el suelo ni para que se logre modificar sus características nutricionales, con el fin de vigorizar a la planta y fomentar una mayor carga de frutos.

4.3. CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN

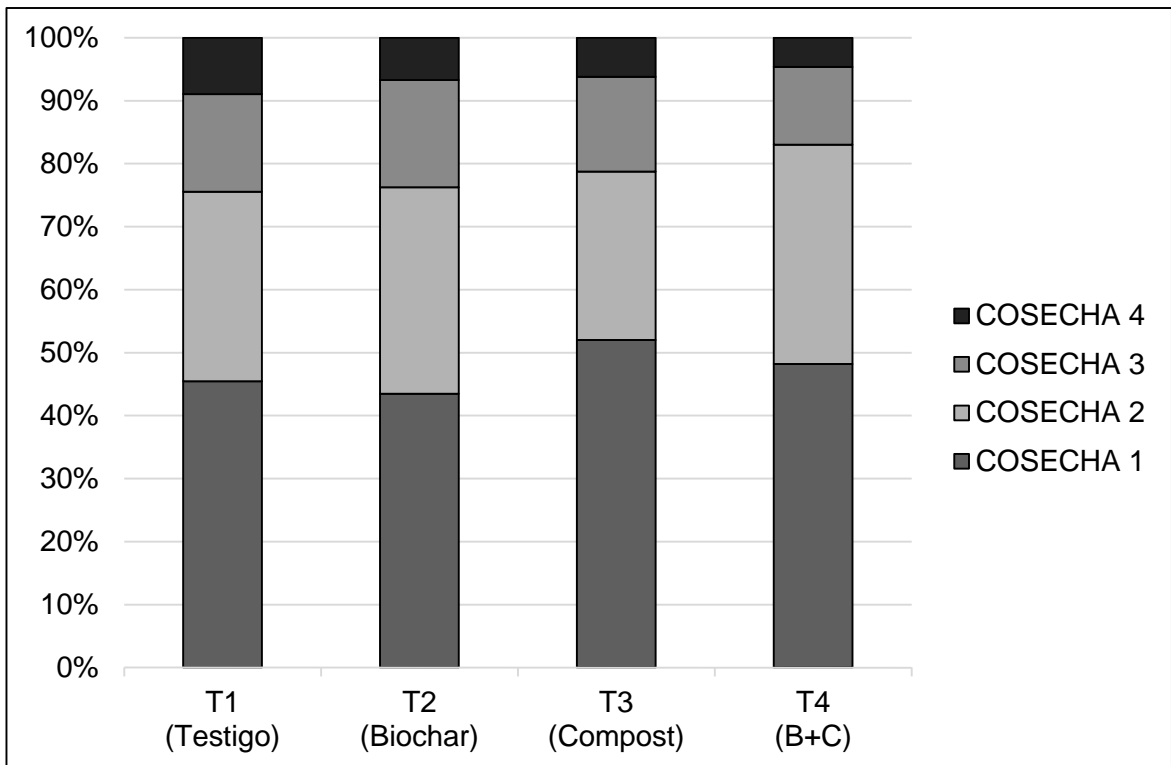
En la *Figura 5*, se muestra el número de vainitas por kilogramo cosechado en cada tratamiento, esta variable es considerada como uno de los componentes del rendimiento para el frijol (Ascencio, 1972). Dados los resultados del análisis de varianza, sólo se tienen diferencias significativas entre las evaluaciones, teniéndose un valor de coeficiente de variabilidad de 12.13.

Ni en la primera, ni segunda, ni tercera cosecha hubo diferencias estadísticas en el número de vainitas por kilogramo entre los tratamientos, sin embargo, en la última paña hubo diferencias estadísticas en el número de vainitas entre los tratamientos 2 y 4, siendo el tratamiento 2 (biochar) el de mayor valor (*Figura 5*). Cabe mencionar que, a mayor número de frutos por kilogramo cosechado, éstos resultan ser más pequeños. La cosecha se concentró en las dos primeras pañas (*Figura 6*), aproximadamente un 80% de la producción total. Gracias a esta información se establece un mayor cuidado en la floración temprana, pues es la que dará lugar a las primeras cosechas.



Donde: B= Biochar; C= Compost

Figura 5: Número de vainitas por kilogramo cosechado por tratamiento



Donde: B= Biochar; C= Compost

Figura 6: Distribución en porcentajes de las cosechas por tratamiento

En la *Tabla 10*, se muestran los valores promedio de largo en vainita (cm) para cada tratamiento, donde no se reportaron diferencias significativas entre ellos. Toledo (1995) indica que la vainita adquiere su longitud máxima en las primeras etapas de su desarrollo (Mori, 2017) y se sabe que la longitud es una característica propia del cultivar, aunque también está influenciada por el ambiente (Poehlman y Sleper, 2003). Camarena *et. al.* (2009) indicaron que el cultivar Jade llega a tener una longitud entre 15.5 a 17.5 cm (Gutiérrez, 2016) y los valores obtenidos en el presente ensayo están dentro de los límites.

De la Cruz (2000) señala que el momento oportuno de cosecha se da cuando las vainitas presentan características comercialmente aptas para la comercialización como un grado de desarrollo de la semilla y grosor de la vaina presentando en su ensayo al cultivar Jade con 18.02 cm de largo (Mori, 2017), siendo este dato mayor que el máximo valor obtenido en el presente experimento. La longitud de vainas que se obtuvieron fueron de mayor valor para el tratamiento 2 con 16.54 cm, y de menor valor el tratamiento 1 con 15.95 cm.

Asimismo, en la *Tabla 10*, se muestran los valores promedio de diámetro de vainita (cm) para cada tratamiento, donde no se reportaron diferencias significativas entre ellos. Ojeda (1994) afirma que, el diámetro de las vainas son caracteres influenciados genéticamente más que por condiciones de fertilización (Bayona, 2018), ello explica por qué no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Álvarez (2007) tampoco encontró diferencias significativas entre los cultivares que evaluó, Jade obtuvo un valor promedio de 0.82 cm, Gutiérrez (2016) obtuvo en su experimento para el diámetro promedio de vaina 0.87 cm y Mori (2017) obtuvo un valor de 0.89 cm. Siendo estos valores superiores al promedio registrado (0.71 cm) para el presente ensayo, donde los valores fluctuaron entre 0.69 a 0.74 cm.

La calidad del fruto está estrechamente relacionada con el genotipo del cultivar empleado y con las condiciones agroclimáticas a las que se enfrenta, las cuales definirán el fenotipo. Jade es un cultivar conocido por presentar estas cuatro características del fruto al momento de la cosecha: sección transversal de la vaina redonda y firme, con semilla color blanco y con un largos de vaina que varían de 15.5 a 17.5 cm (Ugás *et. al.*, 2000). Dado que estos parámetros se mantuvieron, se concluye que la calidad de cosecha no se vio afectada por los tratamientos empleados.

Tabla 10: Largo y diámetro en vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos

Material	Largo (cm)	Diámetro (cm)
Testigo	15.95 a	0.69 a*
Biochar	16.54 a	0.72 a
Compost	16.22 a	0.70 a
Biochar + Compost	16.44 a	0.74 a
Promedio	16.29	0.71
Significancia	N.S.	N.S.
C.V. (%)	4.74	2.91

**Medias con la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey con un $\alpha=0.05\%$; C.V.= Coeficiente de Variabilidad; N.S.= No significativo*

4.4. BIOMASA

En la *Tabla 11*, se muestran los porcentajes de materia seca de hojas de una planta para los cuatro tratamientos. No se reportaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el valor del coeficiente de variabilidad de 4.71. Este parámetro se evaluó al final de la cosecha, a los 77 días después de la siembra. Los valores para porcentaje de materia seca en hojas varían entre 13.86 a 15.34 %, el tratamiento 4 obtuvo el mayor valor, y el tratamiento 1 el menor. Se entiende que ninguno de los tratamientos afecta significativamente a la biomasa en hojas.

Gutiérrez (2016) obtuvo en hoja el porcentaje de materia seca con fertilización orgánica un valor de 17.46 % y Mori (2017) obtiene un 19.14 % para hojas. Estos valores están por encima del promedio del ensayo, 14.43 %.

Asimismo, en la *Tabla 11* se muestran los porcentajes de materia seca de tallo de una planta para los cuatro tratamientos. No se reportaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el valor del coeficiente de variabilidad de 15.24. Este parámetro se evaluó al final de la cosecha, a los 77 días después de la siembra. Los valores para porcentaje de materia seca en tallos varían entre 16.00 a 17.60 %, el tratamiento 1 obtuvo el mayor valor, y el tratamiento 2 el menor. Se entiende que ninguno de los tratamientos afecta significativamente a la biomasa en tallo.

Gutiérrez (2016) obtuvo en tallo el porcentaje de materia seca con fertilización orgánica un valor de 18.44 % y Mori (2017) obtuvo un 20.96 % para tallo. Estos valores están por encima del promedio del ensayo, 16.86 %.

También en la *Tabla 11*, se muestran los porcentajes de materia seca de vainita para los cuatro tratamientos. No se reportaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el valor del coeficiente de variabilidad de 5.06. Este parámetro se evaluó al final de la cosecha, a los 70 días después de la siembra. Los valores para porcentaje de materia seca de vainita varían entre 5.23 a 5.62 %, el tratamiento 2 obtuvo el mayor valor, y el tratamiento 3 el menor. Se entiende que ninguno de los tratamientos afecta significativamente a la biomasa en frutos.

Gutiérrez (2016) obtuvo en vainitas el porcentaje de materia seca con fertilización orgánica un valor de 7.21 % y Mori (2017) obtiene un 6.97 % para vainitas. Estos valores están por encima del promedio del ensayo, 5.42 %.

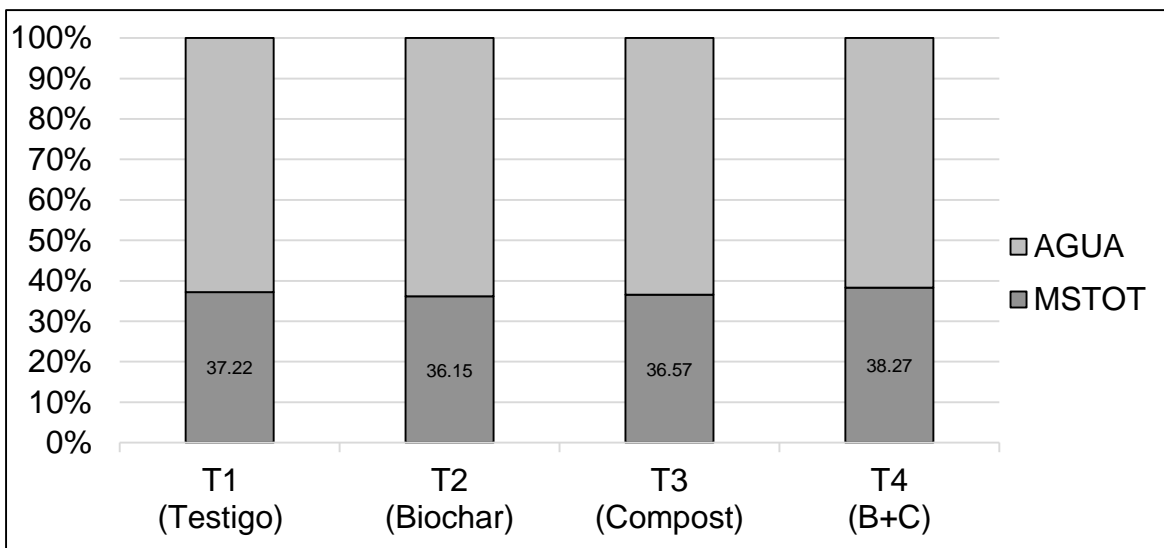
Tabla 11: Biomasa en hojas, tallo y fruto en vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos

Biomasa (% Materia seca)			
Material	Hojas (%)	Tallo (%)	Fruto (%)
Testigo	14.34 a	17.60 a	5.28 a*
Biochar	14.54 a	15.99 a	5.62 a
Compost	14.62 a	16.72 a	5.23 a
Biochar + Compost	15.60 a	17.20 a	5.55 a
Promedio	14.77	16.86	5.42
Significancia	N.S.	N.S.	N.S.
C.V. (%)	4.71	15.24	5.06

**Medias con la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey con un $\alpha=0.05\%$; C.V.= Coeficiente de Variabilidad; N.S.= No significativo*

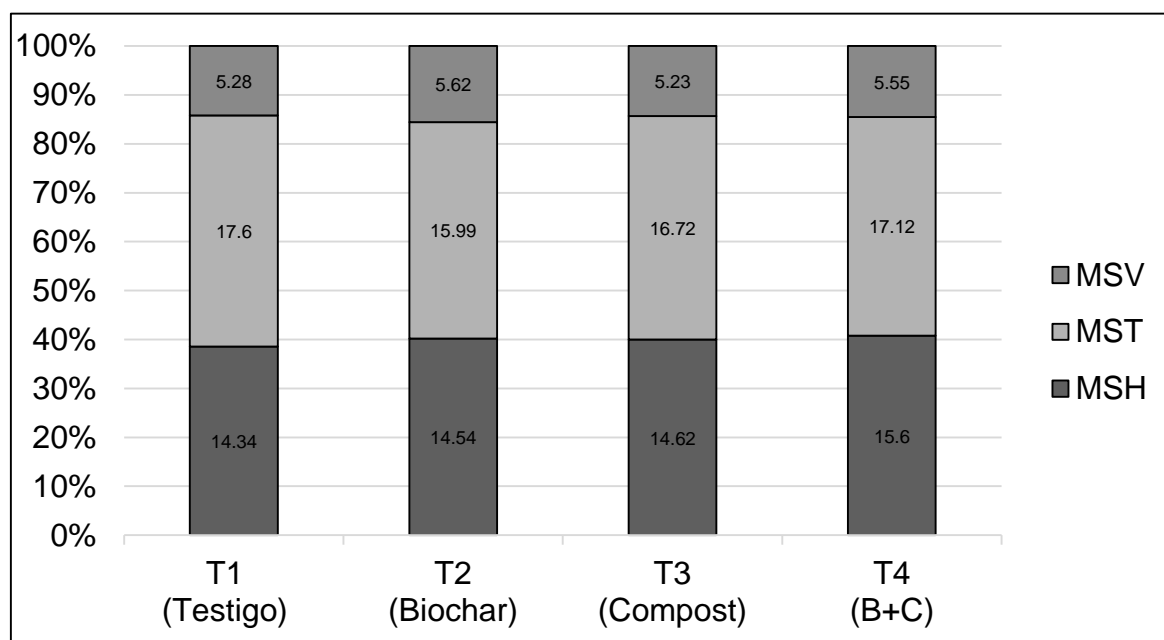
En la *Figura 7*, se observa que los porcentajes de materia seca total oscilan desde 36.15% hasta 38.27%. Los valores de materia seca son menores comparados con los valores de las investigaciones arriba mencionadas, esto se puede deber a la diferencia en dosis de fertilización. Las dosis utilizadas en el presente ensayo resultaron ser poco influyentes en la calidad y rendimiento del cultivo, entendiéndose así por qué la producción de materia seca fue más baja de la esperada.

En la *Figura 8*, se muestran los porcentajes de materia seca de cada órgano de la planta según tratamiento; hojas, desde 13.88 hasta 15.34 %; tallo, desde 16.00 hasta 17.60 %; vainita fruto 5.23 hasta 5.62 %. De los resultados obtenidos, se entiende que los porcentajes de materia seca son mayores para el tallo, luego hojas, y por último vainita fruto que, en efecto, es quien mayor agua acumula, luego vendrían las hojas y por último el órgano aéreo fibroso, tallo.



Donde: B= Biochar; C= Compost; MSTOT= Materia seca total

Figura 7: Distribución de materia seca total y humedad en la planta por tratamiento



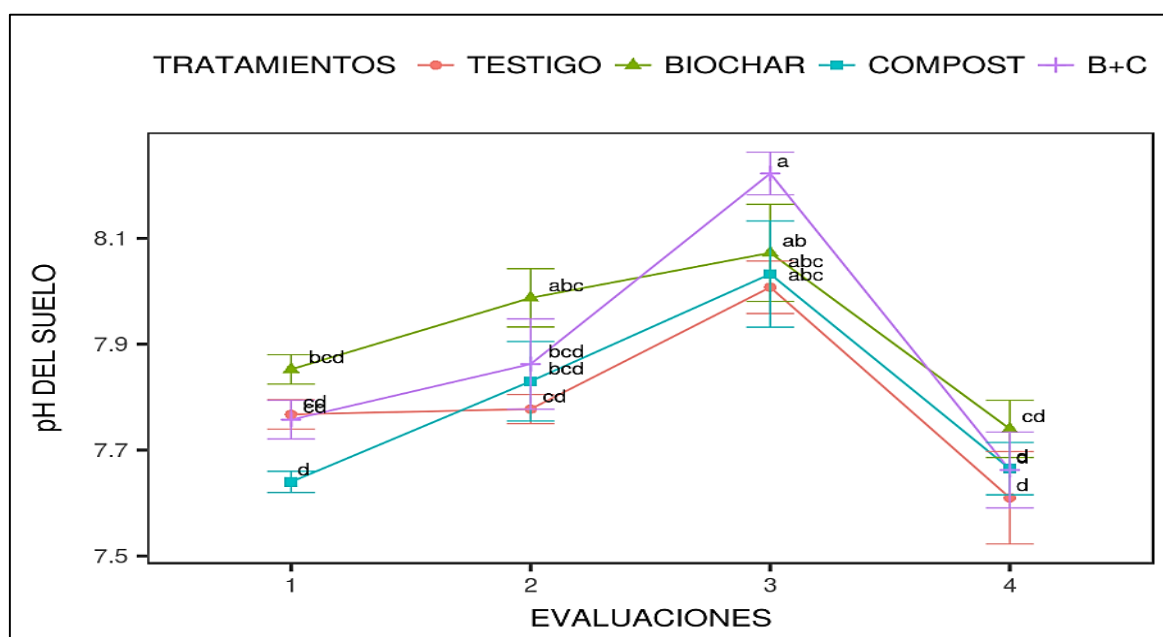
Donde: B= Biochar; C= Compost; MS= Materia seca; V= Vainita; T= Tallo; H= Hoja

Figura 8: Distribución de materia seca de hojas, tallo y vainita fruto por tratamiento

4.5. PROPIEDADES DEL SUELO

En la *Figura 9*, se muestran los valores en cuanto a pH del suelo de las cuatro evaluaciones. Las cuatro evaluaciones realizadas corresponden a los 0, 7, 14 y 77 DDS, según correspondió. Dado los resultados, no hubo diferencias significativas entre tratamientos, pero sí para sus interacciones en los periodos de evaluación. El valor del coeficiente de variabilidad fue de 1.46.

El rango óptimo de pH para este cultivo esta entre los 6.0 y 7.5 (Camarena *et. al.*, 2012) (Gutiérrez, 2016). En el presente experimento se tuvieron valores entre 7.35 y 8.34 de pH, valores por encima de los óptimos, pero con oportunidad de obtener buenas cosechas. El tratamiento 2 fue quien tuvo mayor tendencia de cambio en su valor, es decir, el tratamiento con biochar afectó relativamente en mayor grado, 3 de las 4 evaluaciones para este tratamiento obtuvieron los valores más altos, esto es de esperarse debido a las características físico-químicas del biochar.

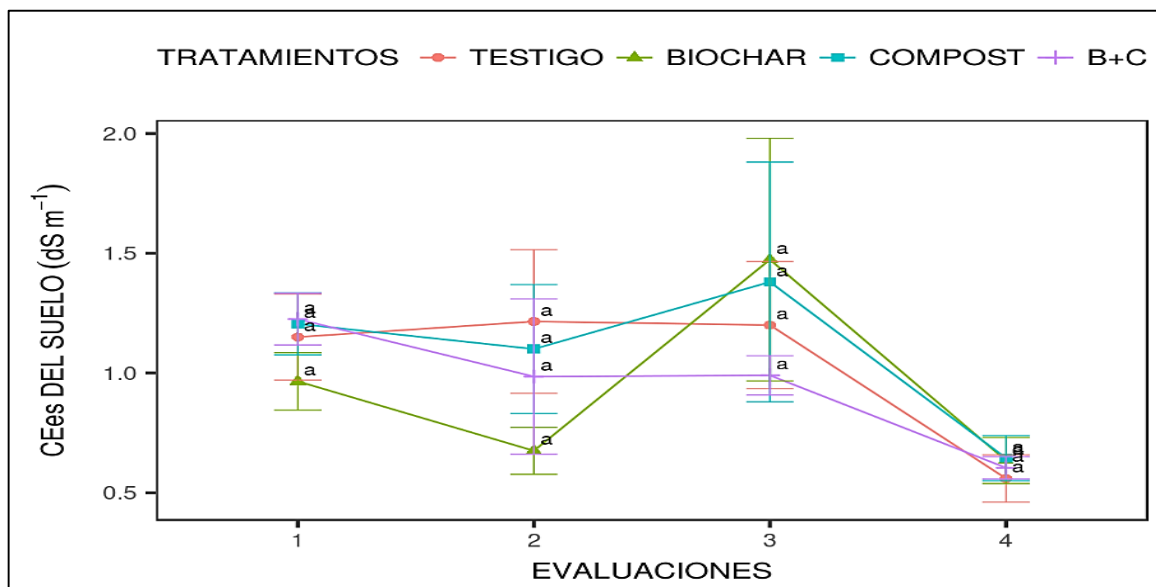


Donde: T1= Testigo; T2= Biochar; T3= Compost; T4= Biochar + Compost

Figura 9: Evaluaciones de pH del suelo por tratamiento

Cuando se agrega un biochar con alto contenido de cenizas minerales al suelo húmedo (o se produce un evento de lluvia), se produce un cambio en el pH y la CE alrededor de la partícula, probablemente dentro de la primera semana, a medida que los minerales se disuelven y/o los iones se intercambian en las superficies de las partículas de arcilla circundantes (Joseph *et. al.*, 2010). Esto explicaría el cambio producido a partir de la segunda evaluación.

En la *Figura 10*, se muestran los valores en cuanto a CE del suelo de las cuatro evaluaciones. Las cuatro evaluaciones realizadas corresponden a los 0, 7, 14 y 77 DDS, según correspondió. No hubo diferencias significativas entre tratamientos, pero sí entre los periodos de evaluación. El valor del coeficiente de variabilidad fue de 42.75.



Donde: T1= Testigo; T2= Biochar; T3= Compost; T4= Biochar + Compost

Figura 10: Evaluaciones de conductividad eléctrica del suelo ($dS\ m^{-1}$) por tratamiento

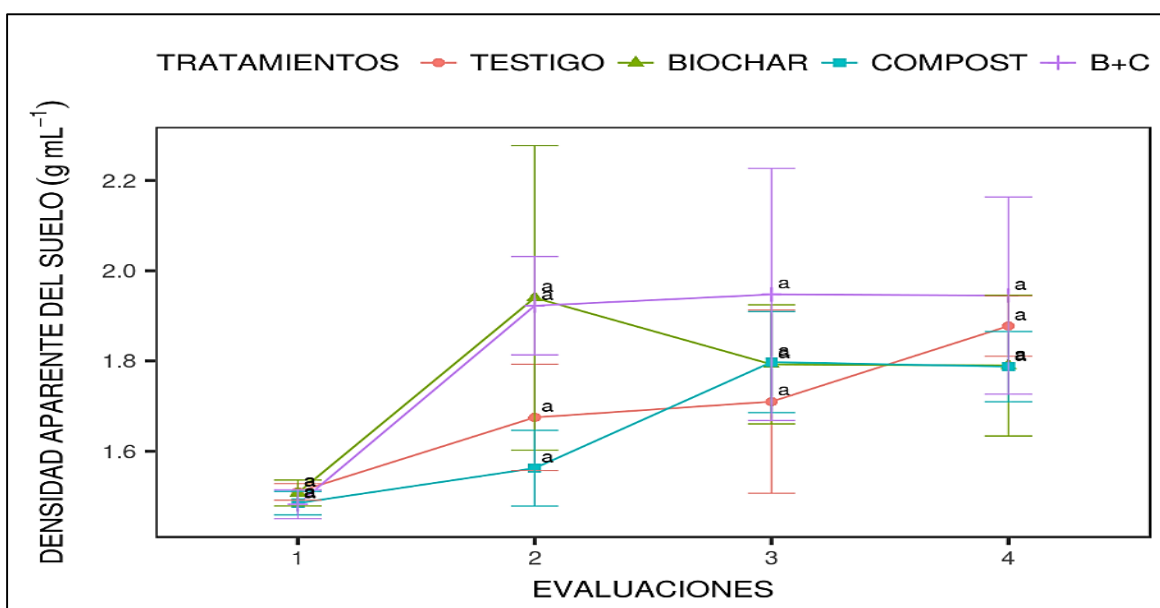
Padilla (2013) menciona que el cultivo es afectado cuando los suelos presentan una conductividad eléctrica superior a los $2\ dS\ m^{-1}$, mientras que, Huaraya (2013) sostiene que la vainita no resiste condiciones de salinidad (Almonte, 2017). Para el presente experimento se tiene valores entre 0.56 y $1.47\ dS\ m^{-1}$, valores que se ubican dentro de lo óptimo, es decir, esta variable no tiene efecto negativo en la producción. Cabe resaltar la importancia del momento de toma de muestra, pues esto afecta el resultado, ya que, no es lo mismo muestrear un suelo descansado o cerca del punto de marchitez, que un suelo recién regado. En el primer caso se espera un valor de salinidad mayor debido a la posible subida de las sales por capilaridad. Entonces, es entendible porqué se tiene un coeficiente de variabilidad por encima de 40.

Según Havling *et. al.* (2005), la reducción del porcentaje de producción está relacionada con el alza por unidades de la CEes, es decir, por cada unidad en $dS\ m^{-1}$ que aumente, se tendrá una reducción del 19% en la producción. La pérdida relativa de la productividad (Y) se estima con la siguiente fórmula para el caso del *Phaseolus* spp.: $Y = 100 - 0.19 (CEes^{-1})$. Con los datos obtenidos en las evaluaciones, no se tiene pérdidas mayores a 1%, lo cual resulta beneficioso.

En la *Figura 11*, se muestran los valores en cuanto a densidad aparente del suelo de las cuatro evaluaciones. Las cuatro evaluaciones realizadas corresponden a los 0, 7, 14 y 77 DDS, según correspondió. Tampoco se registraron diferencias significativas entre tratamientos, pero sí entre los periodos de evaluación. El valor del coeficiente de variabilidad fue de 17.23.

Según Virgilio (2003), la densidad aparente óptima del suelo para este cultivo es de 1.2 g cm⁻³ (Mori, 2017). En el presente experimento se tuvieron valores entre 1.48 a 1.95 g cm⁻³ donde, a medida que transcurría el tiempo del cultivo en campo, se fue elevando el valor de densidad aparente, teniendo como consecuencia mayor compactación. Lo mencionado es algo común que sucede en cultivos que requieren mayor mano de obra, ya que se tiene que ingresar al campo para las diferentes labores.

Los tratamientos que respondieron mejor fueron 2 (biochar) y 3 (compost), es decir, que para la tercera y cuarta evaluación se tuvieron valores constantes. Lo que se espera es que con la dosis adecuada se logre tener un efecto positivo en el suelo con respecto a la estabilidad de agregados.



Donde: T1= Testigo; T2= Biochar; T3= Compost; T4= Biochar + Compost

Figura 11: Evaluaciones de densidad aparente del suelo (g mL⁻¹) por tratamiento

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se llevó el presente ensayo, se concluye lo siguiente:

1. No se tiene incrementos en el rendimiento del cultivo por el uso de los materiales orgánicos, comparados con el testigo.
2. Ninguno de los materiales orgánicos a las dosis utilizadas mejora la calidad de producción del cultivo de vainita.
3. Las propiedades del suelo no se vieron alteradas significativamente con el uso de los materiales orgánicos durante el desarrollo del cultivo.

VI. RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en que se llevó el presente ensayo, se recomienda lo siguiente:

- Incorporar los materiales orgánicos al suelo previa instalación del cultivo, con el fin de propiciar mayor tiempo de reacción abono-suelo y mejoren las condiciones físico-químicas del suelo para mayor aprovechamiento por el cultivo.
- Brindar las condiciones óptimas para la mineralización de los abonos, tal que sus nutrientes estén disponibles al momento en que se tenga mayor requerimiento nutricional.
- Emplear estos abonos en suelos de condición básica, para así percibir el efecto positivo y notar los resultados benéficos según sea el tratamiento.
- Realizar las labores agronómicas a tiempo y adecuadamente. Desde la preparación de terreno que brindará uniformidad en campo hasta el desmalezado que evita la competencia entre cultivo – maleza. Esto con el fin de no afectar la producción.
- Realizar un estudio comparativo de costos económicos entre fertilizantes orgánicos y fertilizantes químicos para definir las ventajas de la calidad productiva y fertilidad de los suelos por efecto de los abonos orgánicos, así como, su rentabilidad económica, para una agricultura eco amigable a largo plazo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alegre, J; García, S; Guerra, P; Lao, C; Vega, R. (2014). Manual: la materia orgánica en sistemas agroforestales. doi: [10.13140/RG.2.2.11774.69443](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11774.69443)
- Alfárez, E. (2009). Efecto de la aplicación del bioestimulante stimplex- g en el rendimiento de la vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo tres densidades de siembra en el sector de la varada baja (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman - Tacna). Recuperada de: <http://redi.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/600/TG0481.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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 de San Agustín de Arequipa). Recuperada de: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5684>
- Arguello, H. (1991). La descomposición de la materia orgánica y su relación con algunos factores climáticos y microclimáticos. *Agronomía Colombiana*, 8(2): 384 – 388. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/24027/1/21129-71663-1-PB.pdf>
- Ascencio, J. (1972). Análisis del crecimiento y eficiencia fotosintética del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var "Turrialba-4") cultivado en solución nutritiva (Tesis para obtener el grado de Magister Science, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA). Recuperada de: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2848e/A2848e.pdf>
- 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). Recuperada de:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3138/F04-B396-T.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Berrios, J. (2015). Fuentes y niveles de materia orgánica en condiciones de invernadero (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1631/TESIS%20JUAN%20PABLO%20BERRIOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Borjas, R. (2008). Uso de fuentes naturales en la fertilización del café (*Coffea arabica*) var. Caturra en vivero como base para la producción orgánica en la selva central del Perú (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1820/F04-B64-T.pdf?sequence=8&isAllowed=y>

Broughton, W; Hernández, G; Blair, M; Beebe, S; Gepts, P; Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. Plant and Soil 252: 55 - 128. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/226474316_Beans_Phaseolus_spp_-_Model_food_legumes

Buendía, H. (2012). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante el compost de aserrín y estiércoles (Tesis para obtener el grado de Magister Science, Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Recuperada de:

<http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/2290>

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). Recuperada de:

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10539/T2355.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carrillo, E. (2018). Efecto de la mezcla de abonos sintéticos y guano de isla en el rendimiento del cultivo de vainita en condiciones del centro allpa rumi de marcará, 2017 (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo). Recuperada de:

http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2514/T033_45878995_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cepeda, J. (2012). Adaptación y densidad de siembra del fréjol vainita *Phaseolus vulgaris* L. de comportamiento erecto variedad jade en la zona de Babahoyo (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo). Recuperada de: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/955/2/T-UTB-FACIAG-AGR-000161.02.pdf>

Chang, A. (2018). Incorporación de biomasa de *Lemna minor* y su efecto en la incidencia de *Rhizoctonia solani* en frijol común (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3221/F04-C4355-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Del Amo, E. (2018). Producción de biochar a partir de material bioestabilizado (Tesis para obtener el grado en Ingeniería Química, Universidad de Valladolid). Recuperada de: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/31220/TFG-I-894.pdf;jsessionid=F20A255E10421D6E84C5B68DC0AC70CC?sequence=1>

Del Cura, F; Lobo, V. (2010). Manual de Edafología: Estudio del suelo para la producción agrícola. Recuperado de: <https://issuu.com/yambori/docs/edafologia>

Gilces, M. 2014. Efectos de la aplicación de biochar y cenizas en las propiedades del suelo (Tesis para obtener el grado de Magister Science en Tecnologías Avanzadas para el Desarrollo Agroforestal, Universidad de Valladolid). Recuperada de: <http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/6632/TFM-L190.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guerra, P. (2015). Producción y caracterización de biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonia Peruana (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1895/Q70.G84-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guizado, M. (2018). Eficiencia de la gallinaza en la elaboración de compost mediante pilas dinámicas, a partir de los residuos orgánicos de la Universidad Peruana Unión (Tesis

- para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Peruana Unión). Recuperada de: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1592>
- Gutiérrez, P. (2018). Biofortificación agronómica del cultivo de papa mediante aplicación foliar y edáfica de zinc y su interacción con cadmio (Tesis para obtener el grado de Magister Science en Suelos, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3769/gutierrez-vilchez-pedro-pablo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez, Y. (2016). 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). Recuperada de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2590/F04-G8834-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Havlin, J; Tisdale, S; Nelson, W; Beaton J. (2005). Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management (7° ed.).
- Iglesias, S. (2018). Aplicación de biochar a partir de biomasa residual de eucalipto para evaluar la productividad con maíz en el austro ecuatoriano (Tesis para obtener el grado Doctor en Ingeniería y Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3394/iglesias-abad-sergio-fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/11052520.pdf>
- Joseph, S; Camps-Arbestain, M; Lin, Y; Munroe, P; Chia, C; Hook, J; van Zwieten, L; Kimber, S; Cowie, A; Singh B; Lehmann J; Foidl, N; Smernik, R; Amonette, J. (2010). An investigation into the reactions of biochar in soil. Australian Journal of Soil Research 48: 501 - 515. Recuperada de: <http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/AustJSoilRes%2048%2C%20501-515%2C%202010%20Joseph.pdf>
- Kiss, G; Encarnación, G. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. Gaceta Ecológica 79: 39 - 51. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907903>

- Leveau, M. (2018). Efecto de la aplicación de biochar derivado de residuos verdes y estiércol de cerdo, sobre el balance de nitrógeno en el sistema suelo-planta (suelos aluviales y *Zea mays* L.) en San Ramón (Perú) (Tesis para obtener el grado en Ingeniería Ambiental, Universidad Científica del Sur). Recuperada de:
http://repositorio.cientifica.edu.pe:8080/bitstream/handle/UCS/547/TL_Leveau_Diaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Londoño, J. (2011). Estructura poblacional y diversidad genética de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en 202 genotipos por medio de SSR fluorescentes (Tesis para obtener el grado de Biólogo, Universidad del Quindío). Recuperada de: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2011_Estructura%20poblacional%20y%20diversidad%20genetica.pdf
- Martínez, E; Fuentes, J; Acevedo, E. (2008). Soil organic carbon and soil properties. Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal, 8(1):68-96. doi: [10.4067/S0718-27912008000100006](https://doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006)
- Méndez, A. (2017). Cambio en las propiedades químicas de un biochar de sarmientos de vid por adición a pilas de compostaje (Tesis para obtener el grado Magister Science en Ingeniería Ambiental, Universidad de Valladolid). Recuperada de:
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/25146/TFM-I-659.pdf?sequence=1>
- MINAGRI. (2017). Módulo de consulta a la base de datos de la DGESEP (cultivos) Recuperado de: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult.
- 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). Recuperada de:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3063/F01-M675-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morros, E; Piere, A. (2003). Evaluación participativa de materiales promisorios de vainita *Phaseolus vulgaris* L. en las zonas altas del estado Lara. Revista Facultad Agronomía, 20(1). Recuperado de:
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182003000100003
- Nates, E. (2014). Evaluación del efecto de biochar en el suelo y la calidad de los frutos en un cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.) (Tesis para obtener el grado de Bióloga,

Pontificia Universidad Javeriana). Recuperada de:
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/17900>

Núñez, C. (2014). Efecto de la Fertilización Química, Orgánica y Combinada en el cultivo de Calabacita (*Cucurbita pepo* L.) var. Gray Zucchini (Tesis para obtener el grado de Ingeniero en Agro biología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). Recuperada de:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6313/T20127%20NU%C3%91EZ%20GOMEZ,%20CLAUDIA%20DEL%20CARMEN%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

Ortiz, A. (2010). Evaluación del efecto de tres dosis diferentes sobre la tasa de crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*) var. cerinza, en condiciones de agricultura urbana (Tesis para obtener el grado de Biólogo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). Recuperada de:

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8493/tesis453.pdf?sequence=1>

Oses, A. (2013). Efectos de la aplicación de biochar en el modelo jerárquico de agregación de un suelo forestal bajo condiciones oceánicas (Tesis para obtener el grado de Magister Science, Universidad autónoma de Barcelona). Recuperada de:

<https://core.ac.uk/download/pdf/18416021.pdf>

Padilla, M. (2013). Evaluación de cuatro fungicidas orgánicos para el control de la roya (*Uromyces* spp.), en el cultivo de (*Phaseolus vulgaris* L.) en el cantón Pimampiro provincia de Imbabura (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo). Recuperada de:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/497>

Pineda, F. (2005). Evaluación de “Miyaoorganic” en el Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum*) Cv. Gigant (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4733/T14981%20PINEDA%20RAYGOZA,%20FRANCISCO%20JAVIER%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

- Quijandría, A. (2018). Efecto de la aplicación de cinco tipos de compost en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. canchan en el suelo de Quilcas (Valle del Mantaro) (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3303/quijandria-diaz-ana-patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rafael, G. (2006). Efecto del abonamiento con humus, compost y 2 sustancias húmicas en el rendimiento del frijol canario centenario (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina).
- Rebolledo, A; López, G; Moreno, C. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3): 367 - 382. Recuperado de:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>
- Reyes, P. (2016). Manejo agronómico de *Phaseolus vulgaris* L. en condiciones de invernadero en Chocope - La Libertad (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Trujillo). Recuperada de:
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3949/Reyes%20Juarez%20Paolo%20Edmundo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soto, G. (2003). Abonos orgánicos: El proceso de compostaje. Trabajo presentado en el taller de abonos orgánicos en el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), UCR, Sabanilla, Costa Rica. Recuperado de:
<http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf>
- Uscumayta, I. (2018). Efecto del compost en el desarrollo vegetativo de *Coffea arabica* L. var. *catuai* en Mazamari - Perú. (Tesis para obtener el grado de Ingeniero en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperada de:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4879/Uscumayta%20Palacios%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vega, M. (2014). Efecto de la materia orgánica y encalado del suelo en cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad una 96 cultivado en invernadero (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1502/t006823.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Porcentaje de floración en vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos

%Flora	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)		
BLOQUE	3	30.71	10.236	1.33	0.324		
TRAT	3	40.39	13.462	1.749	0.227		
RESIDUALS	9	69.28	7.697				
MS error	Mean	SDev	Min	Max	Núm.	CV	
7.7	95.47	3.06	89.53	100	16	2.91	

TRAT	mean	min	máx.	r	std	ste	sg
T1	93.79	91.509	95.181	4	1.718	0.859	a
T2	98.043	94.737	100	4	2.514	1.257	a
T3	94.669	92.063	98.496	4	2.949	1.474	a
T4	95.363	89.535	98	4	3.919	1.96	a

ANEXO 2. Rendimiento total (Mg ha⁻¹) del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos

Rdto	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)		
BLOQUE	3	13.03	4.342	2.155	0.1633		
TRAT	3	39.91	13.305	6.604	0.0119 *		
RESIDUALS	9	18.13	2.015				
MS error	Mean	SDev	Min	Max	Núm.	CV	
2.01	8.54	2.18	5.37	12.82	16	16.62	

TRAT	mean	min	máx.	r	std	ste	sg
T1	10.004	7.975	11.53	4	1.653	0.826	a
T2	7.788	6.088	8.738	4	1.179	0.589	ab
T3	6.311	5.369	8.383	4	1.396	0.698	b
T4	10.058	8.04	12.819	4	2.078	1.039	a

ANEXO 3. Número de vainitas por kilogramo cosechado por tratamiento

N° vainitas	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)		
BLOQUE	3	753	250.9	0.602	0.61712		
EVALUA	3	7243	2414.3	5.792	0.00195 **		
TRAT	3	1044	348	0.835	0.48185		
E:T	9	7839	871	2.09	0.05066		
RESIDUALS	45	18757	416.8				
MS error	Mean	SDev	Min	Max	Núm.	CV	
416.81	168.4	23.78	112.99	219.39	64	12.13	

EVAL	TRAT	mean	min	máx.	r	std	ste	sg
1	T1	188.5	162	213	4	20.952	10.476	a
1	T2	169.5	157	193	4	16.34	8.17	ab
1	T3	191.25	173	207	4	15.966	7.983	a
1	T4	177.25	166	186	4	8.539	4.27	ab
2	T1	176.848	151	219.394	4	29.677	14.838	ab
2	T2	169	154	178	4	10.52	5.26	ab
2	T3	168.75	150	186	4	14.728	7.364	ab
2	T4	177.5	172	183	4	4.933	2.466	ab
3	T1	162.72	146	173.81	4	11.87	5.935	ab
3	T2	166.764	162	175.839	4	6.312	3.156	ab
3	T3	173.418	167	183.673	4	7.17	3.585	ab
3	T4	162.041	154.286	172.857	4	7.929	3.965	ab
4	T1	138.989	112.987	200	4	41.173	20.586	ab
4	T2	187.409	124.561	215.385	4	42.668	21.334	a
4	T3	150.133	138.776	176.72	4	17.881	8.94	ab
4	T4	133.606	120	144.828	4	10.299	5.149	b

ANEXO 4. Largo en vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos

Largo vainita	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)		
BLOQUE	2	2.934	1.4668	2.46	0.166		
TRAT	3	0.616	0.2054	0.344	0.795		
RESIDUALS	6	3.578	0.5964				
MS error	Mean	SDev	Min	Max	Núm.	CV	
0.6	16.29	0.8	14.76	17.77	12	4.74	

TRAT	mean	min	máx.	r	std	ste	sg
T1	15.953	14.76	17.77	3	1.599	0.923	a
T2	16.543	15.97	16.97	3	0.516	0.298	a
T3	16.217	15.64	16.79	3	0.575	0.332	a
T4	16.44	16.13	16.77	3	0.32	0.185	a

ANEXO 5. Diámetro en vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos

Diámetro vainita	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)		
BLOQUE	3	0.007625	0.002542	1.512	0.277		
TRAT	3	0.005625	0.001875	1.116	0.393		
RESIDUALS	9	0.015125	0.001681				
MS error	Mean	SDev	Min	Max	Núm.	CV	
0	0.71	0.04	0.6	0.79	16	5.78	

TRAT	mean	min	máx.	r	std	ste	sg
T1	0.688	0.6	0.74	4	0.064	0.032	a
T2	0.718	0.69	0.76	4	0.0299	0.0149	a
T3	0.695	0.68	0.71	4	0.0173	0.0087	a
T4	0.735	0.69	0.79	4	0.048	0.024	a

ANEXO 6. Biomasa en hojas en vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos

MS hojas	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)		
BLOQUE	2	0.2873	0.1436	0.296	0.754		
TRAT	3	2.8269	0.9423	1.944	0.224		
RESIDUALS	6	2.9083	0.4847				
MS error	Mean	SDev	Min	Max	Núm.	CV	
0.48	14.77	0.74	13.54	16.16	12	4.71	

TRAT	mean	min	máx.	r	std	ste	sg
T1	14.343	13.54	15.09	3	0.777	0.448	a
T2	14.537	14.02	14.82	3	0.448	0.259	a
T3	14.62	13.89	15.36	3	0.735	0.424	a
T4	15.597	15.19	16.16	3	0.504	0.291	a

ANEXO 7. Biomasa en tallo en vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos

MS tallos	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)		
BLOQUE	3	17.65	5.883	0.892	0.482		
TRAT	3	5.52	1.84	0.279	0.839		
RESIDUALS	9	59.36	6.596				
MS error	Mean	SDev	Min	Max	Núm.	CV	
6.6	16.38	2.35	14.13	24.63	16	15.24	

TRAT	mean	min	máx.	r	std	ste	sg
T1	17.598	14.13	24.63	4	4.849	2.425	a
T2	15.992	15.33	17.45	4	0.986	0.493	a
T3	16.723	15.85	17.54	4	0.786	0.393	a
T4	17.115	16.14	17.9	4	0.751	0.375	a

ANEXO 8. Biomasa en fruto en vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade empleando materiales orgánicos

MS vainita	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)		
BLOQUE	3	0.1361	0.04537	0.604	0.629		
TRAT	3	0.444	0.14802	1.97	0.189		
RESIDUALS	9	0.6761	0.07513				
MS error	Mean	SDev	Min	Max	Núm.	CV	
0.08	5.42	0.29	5.01	6.12	16	5.06	

TRAT	mean	min	máx.	r	std	ste	sg
T1	5.277	5.07	5.39	4	0.142	0.0709	a
T2	5.617	5.23	6.12	4	0.374	0.1869	a
T3	5.23	5.01	5.5	4	0.252	0.1262	a
T4	5.545	5.32	5.76	4	0.217	0.1087	a

ANEXO 9. Evaluaciones de pH del suelo por tratamiento

pH	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)		
BLOQUE	3	0.1164	0.0388	2.97	0.04197 *		
EVALUA	3	1.5414	0.5138	39.334	1.63e ⁻¹² ***		
TRAT	3	0.1873	0.0624	4.779	0.00573 **		
E:T	9	0.1489	0.0165	1.267	0.2818		
RESIDUALS	44	0.1489	0.5748				
MS error	Mean	SDev	Min	Max	Núm.	CV	
0.01	7.84	0.2	7.35	8.34	63	1.46	

TRAT	EVAL	mean	min	máx.	r	std	ste	sg
T1	1	7.768	7.7	7.83	4	0.0556	0.0278	cd
T1	2	7.777	7.7	7.83	4	0.055	0.0275	cd
T1	3	8.008	7.87	8.08	4	0.0991	0.0496	abc
T1	4	7.61	7.35	7.71	4	0.1744	0.0872	d
T2	1	7.853	7.79	7.92	4	0.0556	0.0278	bcd
T2	2	7.987	7.83	8.08	4	0.11	0.055	abc
T2	3	8.072	7.83	8.25	4	0.1834	0.0917	ab
T2	4	7.74	7.62	7.88	4	0.108	0.054	cd
T3	1	7.64	7.58	7.66	4	0.04	0.02	d
T3	2	7.83	7.7	7.96	3	0.13	0.0751	bcd
T3	3	8.033	7.75	8.21	4	0.2007	0.1004	abc
T3	4	7.665	7.57	7.8	4	0.0988	0.0494	d
T4	1	7.758	7.66	7.83	4	0.0727	0.0364	cd
T4	2	7.862	7.62	8	4	0.1706	0.0853	bcd
T4	3	8.223	8.17	8.34	4	0.0806	0.0403	a
T4	4	7.662	7.48	7.8	4	0.1434	0.0717	d

ANEXO 10. Evaluaciones de conductividad eléctrica del suelo (dS m^{-1}) por tratamiento

CEes	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
BLOQUE	3	0.217	0.072	0.411	0.7	
EVALUA	3	0.232	0.077	0.44	0.7	
TRAT	3	3.646	1.216	6.908	0.000717 ***	
E:T	9	1.14	0.127	0.72	0.7	
RESIDUALS	41	7.214	0.176			
MS error	Mean	SDev	Min	Max	Núm.	CV
0.18	0.98	0.46	0.35	2.46	60	42.75

TRAT	EVAL	mean	min	máx.	r	std	ste	sg
T1	1	1.15	0.8	1.46	4	0.3594	0.1797	a
T1	2	1.215	0.74	2.08	4	0.5996	0.2998	a
T1	3	1.2	0.74	1.66	3	0.46	0.2656	a
T1	4	0.559	0.35	0.822	4	0.1974	0.0987	a
T2	1	0.965	0.82	1.32	4	0.2397	0.1198	a
T2	2	0.675	0.52	0.96	4	0.1962	0.0981	a
T2	3	1.473	0.78	2.46	3	0.8776	0.5067	a
T2	4	0.634	0.452	0.906	4	0.1925	0.0963	a
T3	1	1.205	0.86	1.44	4	0.2584	0.1292	a
T3	2	1.1	0.72	1.62	3	0.466	0.2691	a
T3	3	1.38	0.84	2.38	3	0.8669	0.5005	a
T3	4	0.644	0.472	0.878	4	0.1881	0.094	a
T4	1	1.225	1	1.52	4	0.2163	0.1081	a
T4	2	0.985	0.52	1.94	4	0.6484	0.3242	a
T4	3	0.99	0.84	1.22	4	0.1637	0.0819	a
T4	4	0.604	0.506	0.728	4	0.0932	0.0466	a

ANEXO 11. Evaluaciones de densidad aparente del suelo (g mL⁻¹) por tratamiento

DA	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)		
BLOQUE	3	0.564	0.1879	2.108	0.11251		
EVALUA	3	1.244	0.4145	4.65	0.00648 **		
TRAT	3	0.258	0.0861	0.966	0.41709		
E:T	9	0.347	0.0386	0.433	0.91011		
RESIDUALS	45	4.011	0.0891				
MS error	Mean	SDev	Min	Max	Núm.	CV	
0.09	1.73	0.32	1.38	2.95	64	17.23	

TRAT	EVAL	mean	min	máx.	r	std	ste	sg
T1	1	1.51	1.47	1.55	4	0.0365	0.0183	a
T1	2	1.675	1.48	2.01	4	0.2353	0.1177	a
T1	3	1.71	1.41	2.3	4	0.406	0.203	a
T1	4	1.877	1.73	2.01	4	0.134	0.067	a
T2	1	1.508	1.44	1.56	4	0.0574	0.0287	a
T2	2	1.94	1.55	2.95	4	0.6748	0.3374	a
T2	3	1.792	1.55	2.16	4	0.2639	0.1319	a
T2	4	1.79	1.51	2.17	4	0.3123	0.1562	a
T3	1	1.485	1.44	1.56	4	0.052	0.026	a
T3	2	1.562	1.38	1.71	4	0.1678	0.0839	a
T3	3	1.797	1.66	2.13	4	0.2238	0.1119	a
T3	4	1.788	1.57	1.9	4	0.1556	0.0778	a
T4	1	1.482	1.41	1.55	4	0.064	0.032	a
T4	2	1.923	1.72	2.22	4	0.2179	0.109	a
T4	3	1.948	1.62	2.78	4	0.5587	0.2793	a
T4	4	1.945	1.71	2.6	4	0.4368	0.2184	a

ANEXO 12. Muestreo de suelo



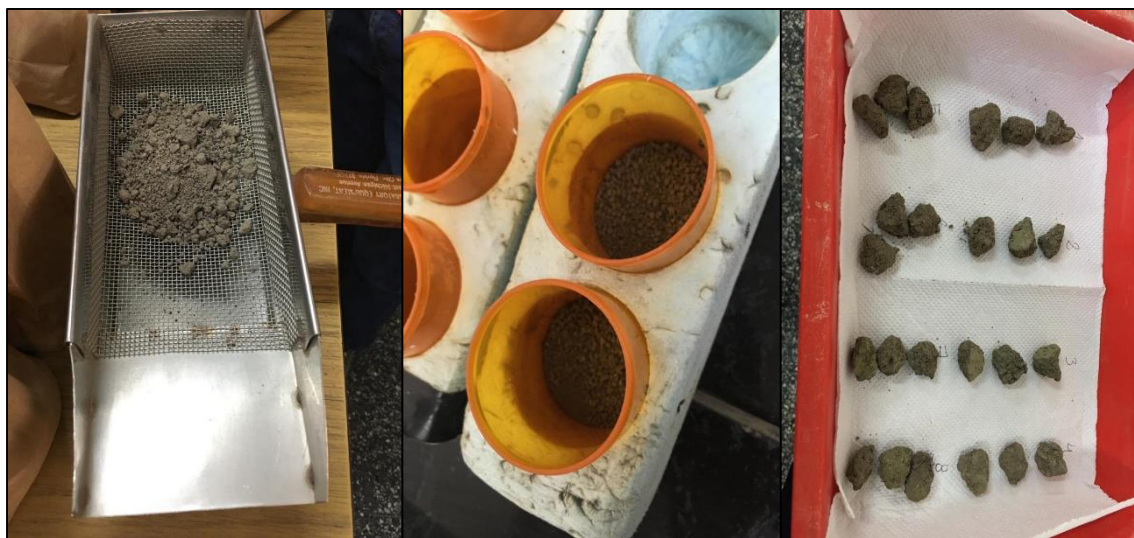
ANEXO 13. Siembra de semillas de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade (19-abril)



ANEXO 14. Cernido de biochar



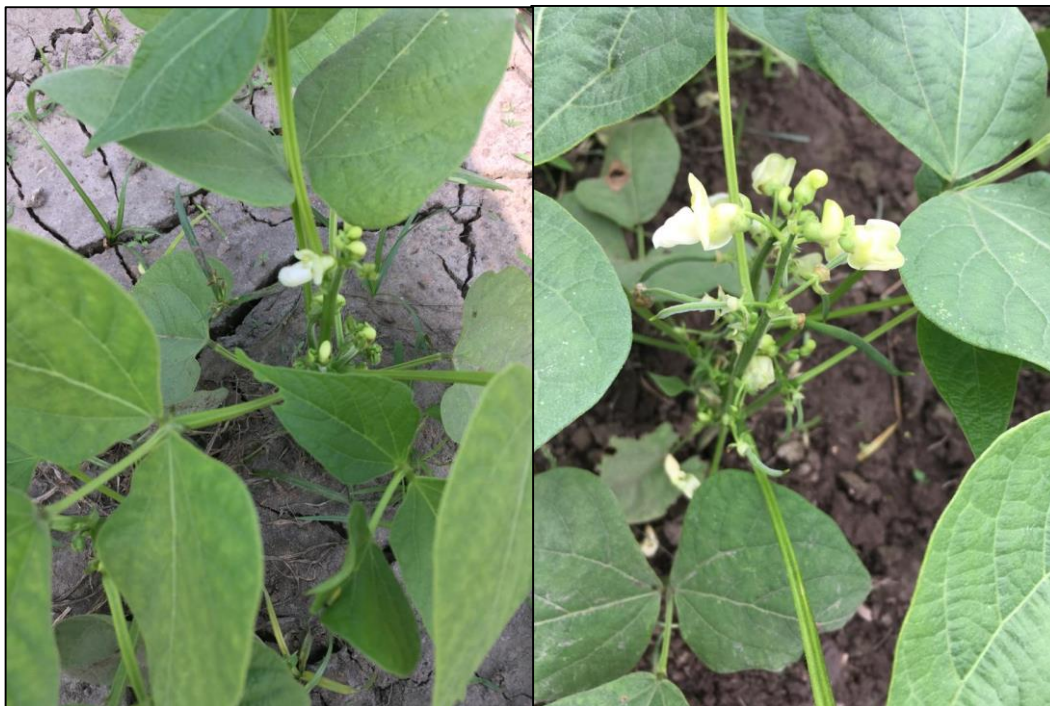
ANEXO 15. Procedimientos para hallar pH, CE y densidad aparente del suelo



ANEXO 16. Vista de campo experimental de vainita (18-mayo)



ANEXO 17. Inicio de envaine y floración (24-mayo)



ANEXO 18. Envaine de planta (4-junio)



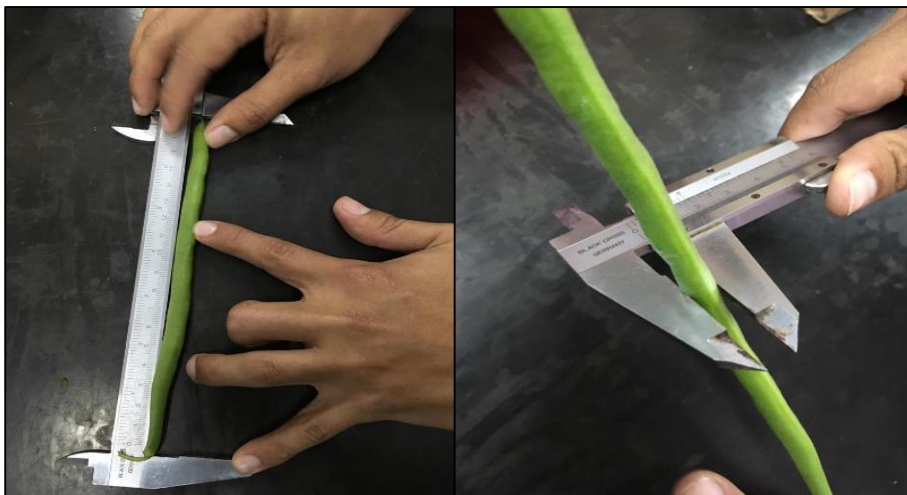
ANEXO 19. Problemas fitosanitarios (11-junio)



ANEXO 20. Envaine de planta (18-junio)



ANEXO 21. Medición de largo y diámetro de vainita (20-junio)



ANEXO 22. Procedimiento para hallar materia seca de órganos vegetales (20-junio)



ANEXO 23. Cosecha de vainitas



ANEXO 24. Análisis de suelo



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

N° 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	0.38	1.74	3.72

N° 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

N° 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


N° 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
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO 25. Análisis de materiales orgánicos utilizados en el experimento



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

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

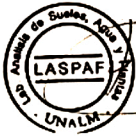


Solicitante : PEDRO GUTIERREZ VILCHEZ

Departamento : LIMA Provincia :
 Distrito : Predio :
 Referencia : H R. 63502-063C-18 Fecha : 25/05/18

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								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. Roly García Bejarza
 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 26. Cronograma de actividades

TAREAS	DDS	FECHA
Búsqueda de información	-14	8/03/2018
Preparación de terreno	-14	8/03/2018
Marcado de campo	-7	15/03/2018
Siembra	0	22/03/2018
Desmalezado	7, 14, 21, 35, 49	29/03/2018, 5/04/2018, 12/04/2018, 26/04/2018, 10/05/2018
Aplicación de materiales orgánicos	14	5/04/2018
Muestreo de suelos	-14, 0, 7, 14, 77	8/03/2018, 22/03/2018, 29/03/2018, 5/04/2018, 7/06/2018
Medida de pH y CE de suelo	0, 7, 14, 77	22/03/2018, 22/03/2018, 29/03/2018, 5/04/2018, 7/06/2018
Mediciones biométricas en vainita	56, 63, 70, 77	17/05/2018, 24/05/2018, 31/05/2018, 7/06/2018
Cosecha	56, 63, 70, 77	17/05/2018, 24/05/2018, 31/05/2018, 7/06/2018
