

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL



EFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DEL COMPOST A
BASE DE ESTIÉRCOL DE CUY EN LA PRODUCCIÓN DE
PLANTONES DE LAUREL

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL

AUTOR : Bach. Pepe Luis Rodriguez La Torre
ASESOR : Mg. Ing. Jorge Antonio Delgado Soto
CO-ASESOR : Ing. M Sc. Francisco Fernando Aguirre de los Ríos

JAÉN – PERÚ, ENERO, 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

El viernes 05 de febrero del año 2021; siendo las 17:00 horas, se reunieron mediante el aplicativo de videoconferencias Google Meet (enlace: meet.google.com/cwb-ayvg-qxz), los **miembros del Jurado Evaluador**:

Presidente Mg. Candy Lisbeth Ocaña Zúñiga
Secretario Mg. María Marleni Torres Cruz
Vocal Mg. Romel Ivan Guevara Guerrero

Para evaluar la **Sustentación del Informe Final de:**

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "EFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DEL COMPOST A BASE DE ESTIÉRCOL DE CUY EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE LAUREL"; **presentado por** la Bach. Pepe Luis Rodríguez La Torre de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, **el Jurado Evaluador acuerda:**

- (X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	()
Muy bueno	16, 17	()
Bueno	14, 15	(15)
Regular	13	()
Desaprobado	12 ó menos	()

Siendo las 17:55 horas del mismo día, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Mg. María Marleni Torres Cruz
Secretario

Mg. Candy Lisbeth Ocaña Zúñiga
Presidente

Mg. Romel Ivan Guevara Guerrero
Vocal

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo general.....	13
2.2. Objetivos específicos	13
III. MATERIAL Y METODOS	14
3.1. Materiales, equipos y maquinaria.	14
3.1.1. Materiales	14
3.1.2. Equipos	14
3.1.3. Maquinaria.....	14
3.2. Ubicación del área de estudio	14
3.3. Población.....	15
3.4. Muestreo	15
3.5. Muestra	15
3.6. Fuentes de información.....	15
3.7. Métodos.....	15
3.8. Técnicas	15
3.9. Procedimientos utilizados	15
3.9.1. Producción de compostaje.....	15
3.9.2. Metodología para clasificar el tamaño de partícula.....	19
3.9.3. Producción de plantones de laurel	19
3.9.4. Metodología para seleccionar el cálculo de la biomasa seca.....	19
3.9.5. Análisis de datos.....	20

IV. RESULTADOS	21
4.1. Obtención del abono orgánico (compost) en una relación C/N 25.....	21
4.2. Caracterización física, química y biológica del compost producido.	21
4.3. Identificación del mejor tratamiento en tamaño de partícula en la producción de plantones de laurel en función a la biomasa.....	24
4.3.1. Resultados.....	24
4.3.2. Análisis de varianza.....	25
4.3.3. Pruebas de Tukey.....	26
V. DISCUSIÓN.....	30
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
6.1. Conclusiones	33
6.2. Recomendaciones	34
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	35
AGRADECIMIENTO	39
DEDICATORIA.....	40
ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Datos de los materiales a compostar</i>	16
Tabla 2 <i>Tratamientos del diseño en bloques completamente al azar</i>	20
Tabla 3 <i>Resultados de la caracterización física y química del compost del T₁</i>	21
Tabla 4 <i>Resultados de la caracterización física y química del compost del T₂</i>	22
Tabla 5 <i>Resultados de la caracterización física y química del compost del T₃</i>	22
Tabla 6 <i>Resultados de la caracterización física y química del compost del T₄</i>	23
Tabla 7 <i>Resultados de la tierra agrícola en caracterización, nitrógeno total y microelementos</i>	23
Tabla 8 <i>Resultados de la caracterización biológica del compost producido</i>	24
Tabla 9 <i>Resultados de biomasa total seca (g) en plántones de laurel</i>	24
Tabla 10 <i>Resultados de la longitud total (cm) en plántones de laurel</i>	24
Tabla 11 <i>Resultados del número de hojas en plántones de laurel</i>	25
Tabla 12 <i>Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para la variable biomasa total seca</i>	25
Tabla 13 <i>Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para la variable longitud total</i>	26
Tabla 14 <i>Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para la variable número de hojas</i>	26
Tabla 15 <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable biomasa total seca</i>	27
Tabla 16 <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable longitud total</i>	28
Tabla 17 <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable número de hojas</i>	29
Tabla 18 <i>Registro diario de la Temperatura hasta los 90 días</i>	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Niveles de biomasa total seca en plantones de laurel, por clase y tratamiento de acuerdo al promedio	27
<i>Figura 2.</i> Longitud total en plantones de laurel, por clase y tratamiento de acuerdo al promedio.....	28
<i>Figura 3.</i> Número de hojas en plantones de laurel, por clase y tratamiento de acuerdo al promedio.....	29
<i>Figura 4.</i> Temperatura de la pila de compostaje y medio ambiente	45

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ubicación del área de estudio	42
Anexo 2. Informe de ensayo para humedad del material a compostar	43
Anexo 3. Cuadro de Temperaturas	44
Anexo 4. Comparación de temperaturas.....	45
Anexo 5. Solicitud de acceso al laboratorio de la carrera de Ingeniería Civil	46
Anexo 6. Informe de ensayo para la obtención de biomasa seca	47
Anexo 7. Informe de ensayo de análisis microbiológico.....	49
Anexo 8. Informe de ensayo de análisis de suelo agrícola.....	50
Anexo 9. Informe de ensayo de análisis del material orgánico por tratamientos	51
Anexo 10. Pesado de las materias a compostar	52
Anexo 11. Mezcla del estiércol de cuy con aserrín más agua	53
Anexo 12. Medición de la pila a compostar	54
Anexo 13. Tapado con plástico de la pila.....	55
Anexo 14. Medición de temperatura	56
Anexo 15. Volteo de la pila con maquinaria	57
Anexo 16. Comparación del compost del día 1 y el día 60	58
Anexo 17. Sembrío de las semillas de laurel.....	59
Anexo 18. Tamizado del compost	60
Anexo 19. Mezcla del abono tamizado con la tierra agrícola	61
Anexo 20. Puesta de chapolas de laurel a los tubetes.....	62
Anexo 21. Clasificación de los tratamientos en bloques	63
Anexo 22. Clasificación de los tratamientos en bloques	64
Anexo 23. Medición de la longitud total y número de hojas.....	65

RESUMEN

Los residuos agrícolas están compuestos por estiércol de animales y residuos vegetales; un deficiente manejo ambiental significa una amenaza potencial de contaminación; debido al riesgo de emanación de compuestos químicos peligrosos y causantes de malos olores en el entorno. El presente trabajo de investigación se planteó el objetivo de estudiar el efecto de la granulometría del compost a base de estiércol de cuy en la producción de plántulas de laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken.). La variable aplicada fue el tamaño de partícula del compost; donde la biomasa seca (0.4377 g), longitud total (22.5 cm) y número de hojas (8.6 unidades) respondieron eficientemente a un tamaño de partícula de 0.5 mm, debido a una mayor disponibilidad de macronutrientes y materia orgánica; además, el ensayo microbiológico reportó que el compost producido no presentó crecimiento de coliformes fecales, *Escherichia coli* ni *Salmonella sp.* Se concluye, que existen efectos de acuerdo a la granulometría del compost aplicado en la producción de plántulas de laurel, es así que el fraccionamiento físico del compost mejora la fertilidad del suelo y logra procedimientos más estrictos en el uso de este abono de acuerdo a los principios de la agricultura orgánica y economía circular.

Palabras clave: Compost, tamaño de partícula, plántulas de laurel, biomasa seca.

ABSTRACT

Agricultural waste is composed of animal manure and vegetable waste; poor environmental management is a potential threat of contamination due to the risk of emanation of hazardous chemicals and odors in the environment. The present research work has the objective of studying the effect of the granulometry of guinea pig manure-based compost on the production of laurel seedlings (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken.) The variable applied was the particle size of the compost; where the dry biomass (0.4377 g), total length (22.5 cm), and number of leaves (8.6 units) responded efficiently to a particle size of 0.5 mm, due to a greater availability of macronutrients and organic matter; furthermore, the microbiological test reported that the compost produced did not present growth of fecal coliforms, *Escherichia coli*, or *Salmonella* sp. It is concluded that there are effects according to the granulometry of the compost applied in the production of laurel seedlings, so the physical fractionation of compost improves soil fertility and achieves stricter procedures in the use of this fertilizer according to the principles of organic agriculture and circular economy.

Keywords: Compost, particle size, laurel seedling, dry biomass.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura orgánica involucra el uso de bienes y servicios de la naturaleza, de manera que los mismos sigan perdurando para las generaciones futuras (Altieri, 1995; Thrupp, 1996; Tilman, Cassman, Matson, Naylor, y Polasky, 2002; Pretty, Morison, y Hine, 2003; Pretty, 2005). Se considera que la agricultura orgánica es uno de los sistemas de producción que tienen como objetivo lograr la sostenibilidad (Reganold, Papendick, y Parr, 1990; Mäder, et al., 2002); es decir, lograr agroecosistemas productivos que sean económicamente sostenibles, socialmente activos y ecológicamente equilibrados (Álvarez, Díaz, y López, 2005).

Uno de los tantos principios que sustentan a la agricultura orgánica, es llevar a cabo prácticas con materiales y sustancias que puedan ser reutilizadas (Pérez, 2006); por ejemplo, los residuos sólidos agrícolas. Los desechos agrícolas típicos incluyen estiércol de ganado, hojas de vegetales, pajillas de cereales, cáscaras de diferentes cultivos, etc (Bernal, Albuquerque, y Moral, 2009; Guo, Chen, Su, y Hong, 2018; Kong, et al., 2018).

La ausencia de un manejo adecuado de estos residuos, hace que se conviertan en agentes potenciales de contaminación ambiental significativa; debido al riesgo de liberación de nutrientes, sustancias peligrosas y causantes de malos olores (Zhang y Sun, 2018). Por ejemplo, las excretas animales son fuentes considerables de materia orgánica y de especies inorgánicas reactivas, cuya presencia en el agua provoca la ausencia de oxígeno, elevando así los costos de su tratamiento; también provocan emisiones de amoníaco, ácido sulfhídrico y gases contaminantes del aire (Medrano, 2006).

En los últimos años, ha aumentado el interés por el reciclaje de desechos agrícolas y se fomenta su eliminación ambiental (Gao, et al., 2010; Gao, Liang, Yu, Li, y Yang, 2010). Los residuos orgánicos pueden ser un acondicionador de suelo y una fuente de nutrientes para las plantas. Por ejemplo, el estiércol animal contiene fibra y proteína, que se pueden utilizar para obtener productos con valor agregado (Nakhshiniev, Biddinika, Gonzales, Sumida, y Yoshikawa, 2014). Los residuos de cultivos, como las cáscaras de arroz,

pueden proporcionar soporte estructural, actuar como una especie de acondicionador y hacer que el proceso de tratamiento sea más eficiente (Xiao, et al., 2009).

Muchas alternativas recomendadas como estrategias para la eliminación de desechos agrícolas han sido estudiadas desde hace algunos años; entre las cuales, el compostaje es un método atractivo debido a su respeto al medio ambiente, rentabilidad y fácil operación (Wang, et al., 2018). Es una opción para procesar los remanentes orgánicos (Román, Martínez, y Pantoja, 2013). Mediante el compostaje, se estabiliza y desinfecta el residuo, con lo que el producto resultante es inocuo para el ambiente (Garro, 2016).

Permite llevar a cabo un manejo estratégico, dando así una forma efectiva de rescatar y reciclar los nutrientes presentes en los residuos biomásicos (Román et al., 2013), lo cual es un avance importante en el uso de los recursos disponibles en los sistemas de producción (FAO, 2014). La aplicación del compost se asocia con el interés de la agricultura regenerativa y climáticamente inteligente, transformando así sistemas de producción agropecuaria a modelos de integridad ambiental y adaptabilidad al cambio climático (FAO, 2013).

Camacho, Uribe, Newcomer, Masters y Kinyua, (2018) elaboraron un compost el cual presenta las mejores características de calidad en cuanto a la concentración de macronutrientes, contenido de materia orgánica, carbono, retención de humedad y concentración de biomasa microbiana, donde la porosidad es proporcional a la granulometría y a la capacidad de retención de agua (Garbanzo-León y Vargas-Gutiérrez, 2014). Gutiérrez-Castorena, Hernández, Ortiz-Solorio, Sánchez y Hernández, (2011) determinaron que la porosidad y el tamaño medio de partícula está entre 3.0 – 2.0 mm en sustratos orgánicos.

En cambio Monares-Gallardo, Ceja-Torres, Escalera-Gallardo, Vásquez-Gálvez, y Ochoa-Estrada, (2012) aplicaron una metodología diferente, donde sus tratamientos fueron de 2.38 mm a 5 mm, 1.19 mm a 2.38 mm, 0.84 mm a 1.19 mm, 0.5 mm a 0.84 mm y < a 0.5 mm, dando por mejor tratamiento en un 23.5 % al tamaño de partícula de 0.5 mm. También evidenciaron que las plantas abonadas orgánicamente con diferentes tamaños de partícula y tiempo de aplicación, comparado con la fertilización química, registraron un mayor rendimiento de fruto en los primeros 18 días de cosecha.

El manejo integral y sostenible de los residuos sólidos combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo práctico para cualquier región.

Esto se puede lograr combinando opciones que incluyen esfuerzos de reutilización y reciclaje, que involucran tratamientos de compostaje, la cual permite transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola, minimizando el uso de productos químicos y hacer uso los abonos orgánicos como es el compost, ya que es una fuente de vida bacteriana para el suelo y necesaria para la nutrición de las plantas, logrando un adecuado aporte de los nutrientes al suelo y permitiendo que las plantas lo asimilen de la mejor manera.

La presente investigación se propuso como objetivo general, estudiar el efecto de la granulometría del compost a base de estiércol de cuy en la producción de plantones de laurel.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Estudiar el efecto de la granulometría del compost a base de estiércol de cuy en la producción de plantones de laurel.

2.2. Objetivos específicos

- Producir abono orgánico (compost) en una relación C/N 25.
- Caracterizar física, química y biológicamente el compost producido.
- Identificar el mejor tratamiento en tamaño de partícula en la producción de plantones de laurel (*Cordia alliodora*) en función a la biomasa.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales, equipos y maquinaria.

3.1.1. Materiales

- Lija N° 60
- Plástico Negro
- Estiércol de cuy.
- Aserrín con tamaño de partícula de 1 mm.
- Balde de 20 L.
- Palana.
- Manguera extensible con boquilla multifuncional (20m).
- Mascarilla.
- Guantes.
- Semilla de laurel

3.1.2. Equipos

- Balanza de plataforma digital de 60 kg.
- Termómetro digital.
- Medidor de pH digital.
- Juegos de Tamices (N° 10, 18, 35 y 60) de la norma ASTM y Equipo RO-TAP.

3.1.3. Maquinaria

- Máquina de volteo de pilas.

3.2. Ubicación del área de estudio

La investigación se desarrolló en el área de producción de abonos orgánicos de la COOPERATIVA DE SERVICIOS MULTIPLES SOL&CAFE LTDA, ubicado en las coordenadas proyectadas UTM: 746395.6 E 9380593 N17S, en el distrito Bellavista, en la ciudad de Jaén, región Cajamarca. A una altitud de 755 msnm.

3.3. Población

La población está compuesta por 240 plantones de laurel.

3.4. Muestreo

Se utilizó un muestreo no probabilístico ya que la población cuenta con características comunes y su población es pequeña (Arias, 2020).

3.5. Muestra

En cada unidad experimental se usó 20 plantones por la consideración del efecto borde. Se seleccionaron 6 plantones por cada unidad experimental, donde la muestra fue conformada por 72 plantones de laurel.

3.6. Fuentes de información

Las fuentes de información empleadas en el presente estudio fueron mixtas; las fuentes primarias correspondieron a las registradas en campo y los análisis de los laboratorios (físicos, químicos y biológicos del abono producido por tamaño de partícula y el cálculo de la biomasa seca producida). Las fuentes secundarias utilizadas fueron producto de revisiones en artículos científicos, libros e informes.

3.7. Métodos

Se utilizó el método inductivo, que parte de casos individuales para inferir en los casos generales (Arias, 2020).

3.8. Técnicas

Se empleó la observación directa en la recolección de datos.

3.9. Procedimientos utilizados

3.9.1. Producción de compostaje

Para la producción de compostaje se siguió la metodología usada por Román et al. (2013), cuyo procedimiento fue mezclar el estiércol con aserrín, el aserrín es un componente orgánico y recomendado por poseer un alto contenido de carbono, provocando así una aceleración en el proceso de fermentación del estiércol. Se calculó la relación C: N igual a 25, con una humedad óptima de 55 %, el tamaño de materia a compostar fue < 5 cm por lo cual se volteó continuamente para evitar la compactación, el tamaño de

partícula influyó en la humedad y aireación, además se aplicó un sistema de compostaje por pila envuelto con plástico negro. (pp.22-31).

Para el cálculo de la relación C/N de 25 se siguió la metodología aplicada por Tchobanoglous, Theisen, y Vigil, (1994), cuyo procedimiento de datos es el siguiente:

Tabla 1
Datos de los materiales a compostar.

Material compostable	Humedad %	% N	Relación C/N
Estiércol de cuy	20.00*	1.499**	22.7**
Aserrín	13.97*	0.1***	200***

Fuentes:

- * Resultados de análisis hecho en OIKOSLAB S.A.C.
- ** Hernández (2007)
- *** Tchobanoglous et al. (1994)

A. Cálculo para la determinación de la composición porcentual para el estiércol y el aserrín:

a. Para 1 Kg de estiércol de cuy

$$\text{Agua} = 1 \text{ Kg} (0.20) = 0.20 \text{ Kg}$$

$$\text{Materia seca} = 1 \text{ Kg} - 0.20 \text{ Kg} = 0.80 \text{ Kg}$$

$$\text{N} = 0.80 \text{ Kg} (0.01499) = 0.012 \text{ Kg}$$

$$\text{C} = 22.7 (0.012 \text{ Kg}) = 0.2724 \text{ Kg}$$

b. Para 1 Kg de aserrín

$$\text{Agua} = 1 \text{ Kg} (0.1397) = 0.1397 \text{ Kg}$$

$$\text{Materia seca} = 1 \text{ Kg} - 0.1397 \text{ Kg} = 0.8603 \text{ Kg}$$

$$\text{N} = 0.8603 \text{ Kg} (0.001) = 0.0008 \text{ Kg}$$

$$\text{C} = 200 (0.0008 \text{ Kg}) = 0.16 \text{ Kg}$$

B. Cálculo para la determinación la cantidad de aserrín que se va a añadir a 1 Kg de estiércol para lograr un relación C/N de 25, como se detalla en la fórmula 1:

$$\frac{C}{N} = 25 = \frac{C \text{ en 1 Kg de estiércol} + x (C \text{ en 1 Kg de aserrín})}{N \text{ en 1 Kg de estiércol} + x (N \text{ en 1 Kg de aserrín})} \quad (F1)$$

Donde x = el peso de aserrín necesario

$$25 = \frac{0.2724 + x (0.16)}{0.012 + x(0.0008)} \quad \left(\frac{1000}{1000} \right)$$

$$X = 0.1971 \text{ Kg de aserrín/1 Kg de estiércol}$$

C. Cálculo para la comprobación la relación C/N y el contenido de humedad de la mezcla resultante:

a. Para 0.1971 Kg de aserrín:

$$\text{Agua} = 0.1971 \text{ Kg} (0.1397) = 0.0275 \text{ Kg}$$

$$\text{Materia seca} = 0.1971 \text{ Kg} (0.8603) = 0.1695 \text{ Kg}$$

$$N = 0.1971 \text{ Kg} (0.0008) = 0.00015 \text{ Kg}$$

$$C = 0.1971 \text{ Kg} (0.16) = 0.0315 \text{ Kg}$$

b. Para 0.1971 Kg de aserrín + 1 Kg de estiércol:

$$\text{Agua} = 0.0275 \text{ Kg} + 0.20 \text{ Kg} = 0.2275 \text{ Kg}$$

$$\text{Materia seca} = 0.1695 \text{ Kg} + 0.80 \text{ Kg} = 0.9695 \text{ Kg}$$

$$N = 0.00015 \text{ Kg} + 0.012 \text{ Kg} = 0.01215 \text{ Kg}$$

$$C = 0.0315 \text{ Kg} + 0.2724 \text{ Kg} = 0.3039 \text{ Kg}$$

c. Encontrar la relación C/N:

$$\frac{C}{N} = \frac{0.3039 \text{ Kg}}{0.01215 \text{ Kg}} = 25.01$$

d. Encontrar el contenido de humedad:

$$\text{Humedad} = \frac{0.2275 \text{ kg agua}}{0.2275 \text{ Kg agua} + 0.9695 \text{ Kg materia seca}} = 19 \% \quad (F2)$$

D. Cálculo para la determinación de la humedad óptima:

La humedad óptima que se desea conseguir es igual a 55 %.

$$\text{Humedad total de la mezcla} \rightarrow \frac{x}{0.9695 \text{ kg mezcla} + x} = 0.55 \quad (\text{F3})$$

$$\text{Humedad total de la mezcla} \rightarrow x = 1.1849 \text{ kg}$$

E. Cálculo de la cantidad de agua necesaria:

$$\text{Donde } X_{\text{Final}} = \text{Humedad total de la mezcla} - \text{Agua de la mezcla} \quad (\text{F4})$$

$$X_{\text{Final}} = 1.1849 \text{ kg} - 0.2275 \text{ kg} = 0.9574 \text{ kg}$$

Para sacar los porcentuales a todos los multiplicamos por 100.

$$\begin{array}{l} 1 \times 100 = 100.00 \text{ kg} \rightarrow \text{Estiércol} \\ 0.1971 \times 100 = 19.71 \text{ kg} \rightarrow \text{Aserrín} \\ 0.9574 \times 100 = 95.74 \text{ kg} \rightarrow \text{Agua} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1 \times 100 \\ 0.1971 \times 100 \\ 0.9574 \times 100 \end{array}} \right\} 215.45 \text{ kg}$$

F. Cálculo de porcentajes de los materiales:

$$\text{➤ Estiércol} = \frac{100}{215.45} \times 100 = 46.41 \%$$

$$\text{➤ Aserrín} = \frac{19.71}{215.45} \times 100 = 9.15 \%$$

$$\text{➤ Agua} = \frac{95.74}{215.45} \times 100 = 44.44 \%$$

Obtenidos los porcentajes se hizo el cálculo para la producción en pila basándonos en 500 kg de estiércol de cuy.

$$\text{➤ Estiércol} = 46.41 \% = 500 \text{ kg}$$

$$\text{➤ Aserrín} = 9.15 \% = \frac{500 \times 9.15}{46.41} = 98.58 \text{ kg}$$

$$\text{➤ Agua} = 44.44 \% = \frac{500 \times 44.44}{46.41} = 478.78 \text{ kg}$$

La suma total de residuos agrícolas a compostar fue de 1074.36 kg.

G. Dimensiones de la pila a compostar:

Se hizo las medidas respectivas para la obtención del volumen total de la pila a compostar y tiene las siguientes dimensiones:

- Largo (L): 7.50 m.
- Ancho (A): 1.40 m.
- Alto (h): 0.70 m.
- Volumen total: $\frac{A \times h}{2} \times L$ (F5)

$$\text{Volumen total: } \frac{1.40 \text{ m} \times 0.70 \text{ m}}{2} \times 7.50 \text{ m} = 3.675 \text{ m}^3$$

3.9.2. Metodología para clasificar el tamaño de partícula

Se ensayó cuatro tipos de tamaño de partícula (tratamientos) utilizando un equipo RO - TAP con 4 tamices (0.25 mm; 0.5 mm; 1.0 mm; 2.00 mm.), de acuerdo a lo investigado por Monares-Gallardo et al. (2012).

3.9.3. Producción de plantones de laurel

Se remojó de la semilla por 24 horas con agua. Estas fueron sembradas en un germinador con arena a una profundidad de tres veces el diámetro de las semillas. Transcurrido 30 días las plántulas de laurel fueron trasplantadas en tubetes, con sustrato de 20 a 50 % (compost) + tierra agrícola. La frecuencia de riego fue cada 3 días. El monitoreo del crecimiento de los plantones de laurel fue de 90 días, según lo investigado por Orantes-García, Pérez-Farrera, Rioja-Paradela y Garrido- Ramírez (2013) y Román et al. (2013).

3.9.4. Metodología para seleccionar el cálculo de la biomasa seca

Se calculó la biomasa seca o peso seco utilizando una estufa a 70 °C durante 48 horas, seguidamente se usó una balanza digital de 5 kg, de precisión 0.1 gramos para calcular el peso seco en gramos por planta, según Castro (2015) y Barrientos, Rosa del Castillo y García (2014).

3.9.5. Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza para cada variable de respuesta y la prueba de comparación de medias de Tukey, a fin de encontrar el mejor tratamiento.

Tabla 2

Tratamientos del diseño en bloques completamente al azar

Bloques	Tratamientos	Tamaño de partícula de compost
Bloque 1	T ₁	0.25 mm
	T ₂	0.50 mm
	T ₃	1.00 mm
	T ₄	2.00 mm
Bloque 2	T ₁	0.25 mm
	T ₂	0.50 mm
	T ₃	1.00 mm
	T ₄	2.00 mm
Bloque 3	T ₁	0.25 mm
	T ₂	0.50 mm
	T ₃	1.00 mm
	T ₄	2.00 mm

IV. RESULTADOS

4.1. Obtención del abono orgánico (compost) en una relación C/N 25.

Para el abono orgánico con relación de C/N 25, arrojó un peso final de 337.2 kg al transcurrir los 3 meses, la cual se inició con un peso de 1074.36 kg de residuos agrícolas, ocupando un volumen total de 3.675 m³. Esta se disminuyó en un 68.61 % del peso inicial.

4.2. Caracterización física, química y biológica del compost producido.

En las tablas 3, 4, 5, 6 se muestra el reporte del laboratorio con respecto a la caracterización física y química de la muestra del abono producido. En tanto, la tabla 7 muestra el reporte de la caracterización de la tierra agrícola. Finalmente, en la tabla 8 reporta los resultados microbiológicos de compost producido.

Tabla 3

Resultados de la caracterización física y química del compost del T₁

Parámetros	Unidad	Resultado
pH	Unidades de pH	9.70
Conductividad Eléctrica	dS/m	3.15
Humedad	Hd (%)	16.95
Materia Orgánica	M.O. (%)	59.79
Nitrógeno	N (%)	2.53
Fósforo	P ₂ O ₅ (% de anhídrido fosfórico)	3.73
Potasio	K ₂ O (% de óxido de potasio)	4.74
Calcio	CaO (% óxido de Calcio)	3.85
Magnesio	MgO (% óxido de Magnesio)	2.00
Sodio	Na (%)	0.14
Hierro	ppm Fe	1695
Cobre	ppm Cu	40
Zinc	ppm Zn	515
Manganeso	ppm Mn	289
Boro	ppm B	42

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía – UNALM

Tabla 4

Resultados de la caracterización física y química del compost del T₂

Parámetros	Unidad	Resultado
pH	Unidades de pH	9.76
Conductividad Eléctrica	dS/m	16.00
Humedad (%)	Hd (%)	13.24
Materia Orgánica (%)	M.O. (%)	73.36
Nitrógeno	N (%)	2.48
Fósforo	P ₂ O ₅ (% de anhídrido fosfórico)	2.56
Potasio	K ₂ O (% de óxido de potasio)	3.31
Calcio	CaO (% óxido de Calcio)	3.13
Magnesio	MgO (% óxido de Magnecio)	1.12
Sodio	Na (%)	0.12
Hierro	ppm Fe	1715
Cobre	ppm Cu	40
Zinc	ppm Zn	365
Manganeso	ppm Mn	249
Boro	ppm B	32

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía – UNALM

Tabla 5

Resultados de la caracterización física y química del compost del T₃

Parámetros	Unidad	Resultado
pH	Unidades de pH	9.82
Conductividad Eléctrica	dS/m	9.54
Humedad (%)	Hd (%)	13.38
Materia Orgánica (%)	M.O. (%)	64.16
Nitrógeno	N (%)	2.52
Fósforo	P ₂ O ₅ (% de anhídrido fosfórico)	2.82
Potasio	K ₂ O (% de óxido de potasio)	3.84
Calcio	CaO (% óxido de Calcio)	3.12
Magnesio	MgO (% óxido de Magnecio)	1.44
Sodio	Na (%)	0.10
Hierro	ppm Fe	1758
Cobre	ppm Cu	36
Zinc	ppm Zn	436
Manganeso	ppm Mn	262
Boro	ppm B	27

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía - UNALM

Tabla 6

Resultados de la caracterización física y química del compost del T₄

Parámetros	Unidad	Resultado
pH	Unidades de pH	9.85
Conductividad Eléctrica	dS/m	13.80
Humedad (%)	Hd (%)	24.85
Materia Orgánica (%)	M.O. (%)	51.72
Nitrógeno	N (%)	2.67
Fósforo	P ₂ O ₅ (% de anhídrido fosfórico)	3.00
Potasio	K ₂ O (% de óxido de potasio)	4.90
Calcio	CaO (% óxido de Calcio)	3.91
Magnesio	MgO (% óxido de Magnesio)	1.69
Sodio	Na (%)	0.12
Hierro	ppm Fe	1199
Cobre	ppm Cu	37
Zinc	ppm Zn	349
Manganeso	ppm Mn	255
Boro	ppm B	19

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía - UNALM

Tabla 7

Resultados de la tierra agrícola en caracterización, nitrógeno total y microelementos

Parámetros	Unidad	Resultado
pH	Unidades de pH	6.29
Conductividad Eléctrica	dS/m	0.97
Fósforo	ppm P	13.3
Potasio	ppm K	407
Carbonato de Calcio	CaCO ₃ (%)	0.00
Materia Orgánica (%)	M.O. (%)	5.02
Textura		
➤ Arena	%	54
➤ Limo	%	24
➤ Arcilla	%	22
CIC	meq/100g	28.16
Cationes Cambiables		
➤ Ca ⁺²	meq/100g	17.20
➤ MG ⁺²	meq/100g	5.80
➤ K ⁺	meq/100g	0.70
➤ Na ⁺	meq/100g	0.16
➤ Al ⁺³ +H ⁺	meq/100g	0.00
Nitrógeno Total	N (%)	0.38
Hierro	ppm Fe	175.68
Cobre	ppm Cu	1.60
Zinc	ppm Zn	13.28
Manganeso	ppm Mn	66.64
Boro	ppm B	0.78

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía – UNALM

Tabla 8

Resultados de la caracterización biológica del compost producido

Parámetros	Unidad	Resultado
Coliformes totales	NMP/100 mL	2200
Coliformes fecales	NMP/100 mL	0
<i>Escherichia coli</i>		No se evidencia crecimiento
<i>Salmonella sp</i>		No se evidencia crecimiento

Fuente: Resultados de análisis microbiológico hecho en OIKOSLAB S.A.C.

4.3. Identificación del mejor tratamiento en tamaño de partícula en la producción de plantones de laurel en función a la biomasa.

4.3.1. Resultados

Para llegar al resultado del mejor tratamiento se tuvo que identificar tres indicadores los cuales fueron:

A. Biomasa seca:

Tabla 9

Resultados de biomasa total seca (g) en plantones de laurel

Bloque	Tratamiento			
	T₁	T₂	T₃	T₄
I	0.0627	0.3472	0.1592	0.3158
II	0.0830	0.5040	0.0963	0.3645
III	0.0610	0.4618	0.1248	0.4692
Promedio	0.0689	0.4377	0.1268	0.3832

Fuente: OIKOSLAB S.A.C.

B. Longitud total

Tabla 10

Resultados de la longitud total (cm) en plantones de laurel

Bloque	Tratamiento			
	T₁	T₂	T₃	T₄
I	13.5	22.3	14.2	18.1
II	12.1	22.5	16.4	20.6
III	12.2	22.6	11.5	20.5
Promedio	12.6	22.5	14.0	19.7

Fuente: Elaboración propia

C. Número de Hojas

Tabla 11

Resultados del número de hojas en plantones de laurel

Bloque	Tratamiento			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
I	2.7	9.3	4.2	7.7
II	3	8	3	6.3
III	2.7	8.5	4	9
Promedio	2.8	8.6	3.7	7.7

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Análisis de varianza

En las tablas a continuación se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA) efectuado para un diseño de bloque completamente al azar (DBCA), a un nivel de confianza del 95 %.

A. Biomasa seca:

Tabla 12

Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para la variable biomasa total seca

Fuente de variación	gl	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamientos	3	0.3026	0.1009	29.38	4.76	*
Bloques	2	0.0071	0.0036	1.03	5.14	NS
Error	6	0.0206	0.0034			
Total	11	0.3303				

Fuente: Elaboración propia

Donde,

α : Nivel de significancia

gl : Grados de libertad

SC : Suma de cuadrados

CM : Cuadrados medios

Fc : Valor F calculado

Ft : Valor F tabulado

Sig : Significancia

* : Significativo

NS : No significativo

B. Longitud total:

Tabla 13

Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para la variable longitud total

Fuente de variación	gl	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamientos	3	196.03	65.34	27.53	4.76	*
Bloques	2	3.08	1.54	0.65	5.14	NS
Error	6	14.24	2.37			
Total	11	213.35				

Fuente: Elaboración propia

C. Número de hojas:

Tabla 14

Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para la variable número de hojas

Fuente de variación	gl	SC	CM	Fc	Ft	Sig
Tratamientos	3	73.67	24.56	48.63	4.76	*
Bloques	2	2.36	1.18	2.34	5.14	NS
Error	6	3.03	0.51			
Total	11	79.06				

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Pruebas de Tukey

A. Biomasa seca:

La prueba de Tukey procesado al mismo nivel de confianza y significancia que el ANOVA y de acuerdo a las medias, arrojó dos clases de tratamientos bien definidos. El T₂ y T₄ pertenecen a una clase “a” de tratamientos, aparte de ser los mejores tratamientos, no existe diferencia estadísticamente entre ellos, es decir, producen los mismos efectos. En cuanto a los T₃ y T₁ pertenecen a una clase de tratamiento “b”, no existe diferencia estadísticamente significativa entre ellos, pero sí con los tratamientos primeros. En la Fig. 1 se muestra las eficiencias por clase y tratamiento de acuerdo al promedio de la biomasa seca producida.

Tabla 15

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable biomasa total seca

Comparación	Diferencia	Q	Valor crítico	Sig.
T2 - T4	0.0545	1.6172	4.9	NS
T2 - T3	0.3109	9.2255	4.9	*
T2 - T1	0.3688	10.9426	4.9	*
T4 - T3	0.2564	7.6083	4.9	*
T4 - T1	0.3143	9.3254	4.9	*
T3 - T1	0.0579	1.7171	4.9	NS

Fuente: Elaboración propia

Donde,

Q: Estadístico Q (amplitud estudentizada)

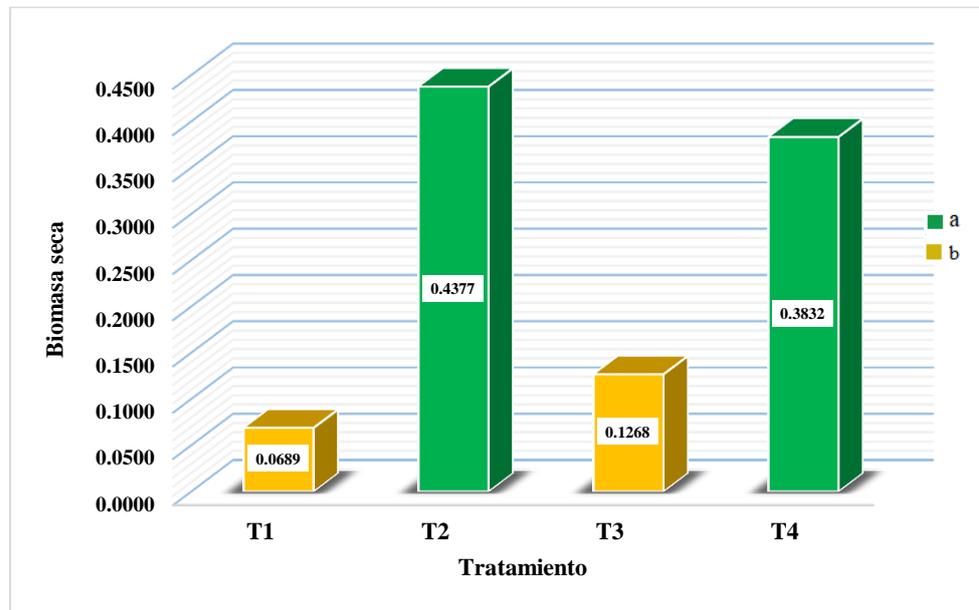


Figura 1. Niveles de biomasa total seca en plantones de laurel, por clase y tratamiento de acuerdo al promedio

B. Longitud total:

La prueba de Tukey procesado al mismo nivel de confianza y significancia que el ANOVA, arrojó dos clases de tratamientos bien definidos. El T₂ y T₄ pertenecen a una clase “a” de tratamientos, aparte de ser los mejores tratamientos, no existe diferencia estadísticamente entre ellos, seguidos por el T₃ y T₁ pertenecen a una clase de tratamiento “b”. En la Fig. 2 se muestra las eficiencias por clase y tratamiento de acuerdo al promedio de la longitud total.

Tabla 16

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable longitud total

Comparación	Diferencia	Q	Valor crítico	Sig.
T2 - T4	2.7	3.1	4.9	NS
T2 - T3	8.4	9.5	4.9	*
T2 - T1	9.9	11.1	4.9	*
T4 - T3	5.7	6.4	4.9	*
T4 - T1	7.1	8.0	4.9	*
T3 - T1	1.4	1.6	4.9	NS

Fuente: Elaboración propia

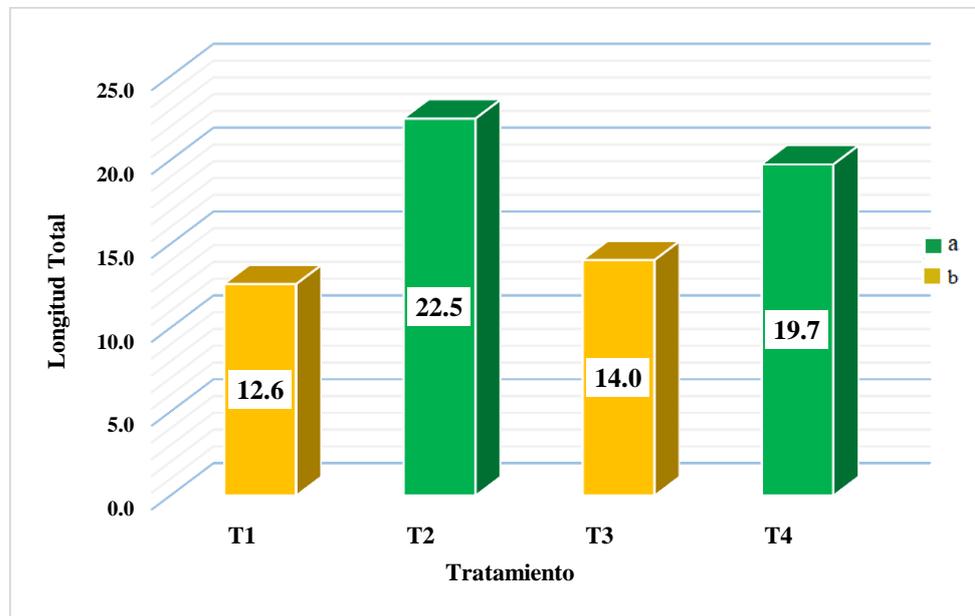


Figura 2. Longitud total en plántulas de laurel, por clase y tratamiento de acuerdo al promedio

C. Número de hojas

La prueba de Tukey procesado al mismo nivel de confianza y significancia que el ANOVA, arrojó dos clases de tratamientos bien definidos. El T₂ y T₄ (pertenecen a una clase “a” de tratamientos), seguidos por el T₃ y T₁ (pertenecen a una clase de tratamiento “b”). En la Fig. 3 se muestra las eficiencias del número de hojas producido por clase y tratamiento de acuerdo al promedio.

Tabla 17

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la variable número de hojas

Comparación	Diferencia	Q	Valor crítico	Sig.
T2 - T4	0.9	2.3	4.9	NS
T2 - T3	4.9	11.9	4.9	*
T2 - T1	5.8	14.1	4.9	*
T4 - T3	3.9	9.6	4.9	*
T4 - T1	4.9	11.9	4.9	*
T3 - T1	0.9	2.3	4.9	NS

Fuente: Elaboración propia

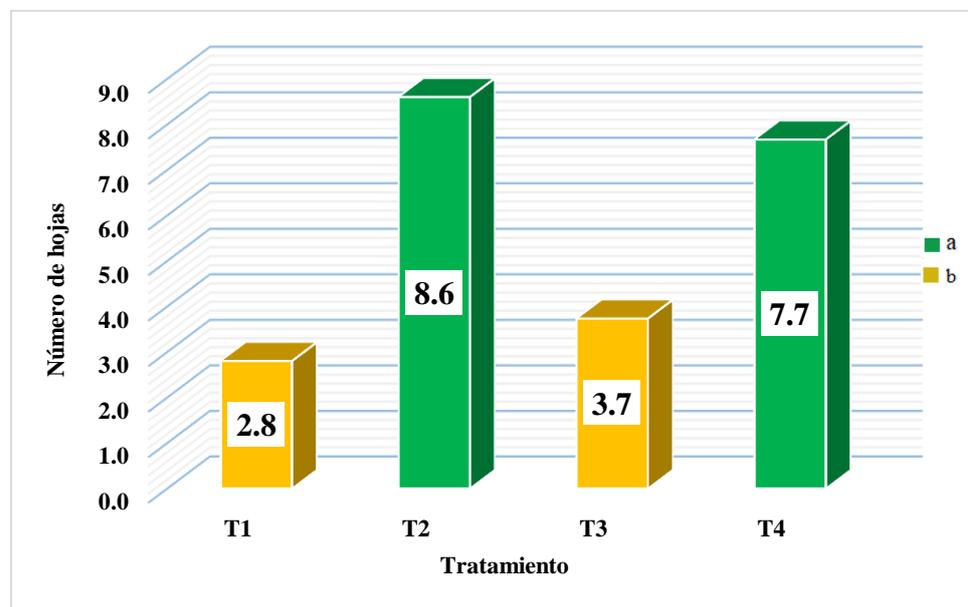


Figura 3. Número de hojas en plántulas de laurel, por clase y tratamiento de acuerdo al promedio

V. DISCUSIÓN

El compost obtenido con relación C/N 25, muestra indicadores positivos de calidad, esto posibilita su utilización en la actividad agrícola ya que cuenta con un alto contenido de partículas menores a 5 mm (López, Andrade, Herrera, Gonzalez, y García de la Figal, 2017). Como material compostable se usó el aserrín que es de lenta degradación ricos en lignina y celulosa (carbono), así como también estiércol de cuy, que posee varios nutrientes con altos contenidos de nitrógeno (Garro, 2016).

El proceso de compostaje incluye diferentes etapas que deben cumplirse para obtener compost de calidad, en las tres primeras semanas la temperatura del proceso se situó entre 35 - 40 °C indicando con ello el inicio de la fase mesofílica (20 - 40 °C) (Hernández-Rodríguez, Hernández-Tecorral, Rivera-Figueroa, Arras-Vota, y Ojeda-Barrios, 2013); la cuarta y quinta semana oscilo entre 40 - 60 °C lo que se considera como la fase termofílica (40 - 60 °C) (Garro, 2016); la sexta semana se presenció la fase de enfriamiento, la cual descende de 45 - 40 °C (Román et al., 2013); por ultimo tenemos la fase de madurez que inicio desde la séptima semana hasta la treceava semana es donde se produce la polimerización del humus (Garro, 2016).

Al termino del proceso se registró un peso final de 337.2 kg siendo el 31.39 % de abono transformado al transcurrir los 3 meses del proceso de compostaje. Esta se disminuyó en un 68.61 % del peso inicial de los restos agrícolas (Mosquera, Escandón, Coral, y Puente, 2010).

Por otra parte, la caracterización del abono producido indicó variación según los tamaños de partícula estudiados, se encontró un pH que osciló entre 9.85 y 9.70, mientras que la conductividad eléctrica estuvo en el rango de 16 - 3.15 dS m⁻¹ valores que están por encima del rango ideal dado por Román et al., (2013) y Garro, (2016). Se constató además la presencia de N, P, K, Ca y Mg con valores de 2.67 - 2.48; 3.73 - 2.56; 4.90 - 3.31, 3.91 - 3.12; 2 - 1.12 % respectivamente, que superan a lo precisado por López et al., (2017).

En cuanto a la materia orgánica los valores estuvieron en un rango de 73.36 - 51.72 %, datos superiores a lo mencionado por Camacho et al., (2018). Esto indica que se trata de un producto cuyos parámetros fisicoquímicos cumplen con los estándares adecuados para ser utilizados en la propagación vegetativa. Por su parte, las temperaturas superiores a 55 °C (Román et al., 2013) y por tiempos prolongados favorecieron una fase de higienización provechosa al eliminar totalmente la presencia del microorganismos patógenos tales como: coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Salmonella sp* tal y como lo reflejo el informe de ensayo.

Para la identificación del mejor tratamiento de la investigación se tuvo que evaluar los resultados del análisis de varianza del diseño experimental, donde la acumulación y distribución de biomasa en los vegetales son características genotípicas fácilmente afectadas por el ambiente y su interacción (Manrique y Bartholomew, 1991).

No hubo interacción significativa entre los tratamientos T₁ (0.25 mm) y T₃ (1.00 mm), aunque sí fue característico en los tratamientos T₂ (0.50 mm) y T₄ (2.00 mm) según las variables estudiadas por tamaño de partícula (Noguera, Abad, Puchades, Maquieira, y Noguera, 2003; Gutiérrez-Castorena, Hernández, Ortiz-Solorio, Anicua, y Hernández, 2011). La aplicación del abono (compost) en sus diferentes tamaños de partícula hace que sea un indicativo en la actividad microbiana en el suelo (Follett, Murphy, y Donahue, 1981).

Los tratamientos T₂ y T₄ estimularon un crecimiento gradual, es decir un desarrollo de órganos proporcional con el tiempo de crecimiento, alcanzando un valor máximo de acumulación de biomasa total de 0.4377; 0.3832 gramos respectivamente (Barrientos et al., 2014). Las plantas a las que se aplicó el compost con un tamaño de partícula de 0.25 mm y 1 mm presentan un número menor de 4 hojas a diferencia de los que se aplicaron con tamaño de partícula de 0.50 mm y 2 mm obtuvieron un rango de 9 – 7 hojas (Monares-Gallardo et al., 2012).

Por otra parte, la longitud total de las plántulas de laurel en cada tratamiento actuó de diferente manera haciendo que el T₂ esté por encima de todos con un promedio de 22.5 cm, el T₄ con 19.7 cm, seguidamente el T₃ con 14 cm y por ultimo tenemos al T₁ con un promedio de 12.6 cm de longitud.

El tamaño de partícula equivalente a 0,50 mm determina un cambio significativo sobre la relación humedad: aire (Noguera et al. 2003). Ya que ostentan una óptima capacidad de retención de humedad, lo que representa que el agua se encuentra fácilmente disponible a las raíces de las plantas y con capacidad de aireación entre los 70 – 84 %, lo que aprueba el crecimiento de estas sin daño mecánico por problemas de compactación; asimismo, indicaron que partículas de ese tamaño modificaron en forma significativa la relación agua: aire (Mendoza, García, Belda, Fornes, y Abad, 2011).

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- ✓ Se produjo un abono orgánico con relación C/N 25, que posee varios nutrientes con altos contenidos de nitrógeno, dando un peso final de 337.2 kg de compost, por lo cual tuvo una reducción del 68.61 % del peso inicial.
- ✓ El abono obtenido presentó las siguientes características físicas y químicas según sus tratamientos en rangos de: pH = 9.85 - 9.70; conductividad eléctrica = 16.00 – 3.15 dS/m; materia orgánica = 73.36 – 51.72 %; nitrógeno = 2.67 – 2.48 %; fosforo = 4.90 – 3.31 %; calcio = 3.91 – 3.12 %; magnesio = 2.00 – 1.12 %; humedad = 24.85 – 13.24 %; sodio = 0.14 – 0.10 %. En la caracterización biológica la muestra de abono dio como resultado en coliformes totales = 2200 NMP/100 mL, coliformes fecales = 0 NMP/100 mL, en *escherichia coli* y *salmonella* no se evidenciaron ningún crecimiento de la muestra.
- ✓ Los resultados indicaron que el mejor tratamiento en tamaño de partícula se sujeta bajo las condiciones del T₂, en el cual se obtuvieron los mejores resultados de los plantones en función a la biomasa, mediante los indicadores de biomasa seca = 0.4377 g, longitud total = 22.5 cm, numero de hojas = 8.6 unidades.
- ✓ Se demostró que si existe efectos según la granulometría del abono producido con estiércol de cuy aplicados en la producción de plantones de laurel, la producción de compost es una opción sostenible para mejorar la fertilidad del suelo con un fraccionamiento físico y así lograr procedimientos más estrictos en el uso de este compost a la agricultura.

6.2. Recomendaciones

A las futuras investigaciones se recomienda lo siguiente:

- ✓ Se sugiere dar seguimiento a este tipo de trabajos de investigación, ya que las variables estudiadas pueden cambiar dependiendo al tipo de planta a usar, del tipo de residuos orgánicos, de las mezclas empleadas y del tiempo que se sometan a compostaje.
- ✓ Mezclar con suelos ácidos para neutralizar un poco la mezcla de tierra agrícola con el compost, que conllevará una mejor disponibilidad de nutrientes y será más efectiva la investigación.
- ✓ Si el compost tiene más tiempo de maduración es mucho mejor ya que esta fase se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus y es importante porque brinda características óptimas al compost.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Altieri, M. (1995). *Agroecology: The Science of Sustainable*. Colorado: Westview Press.
- Álvarez, J., Díaz, J., y López, J. (2005). *Agricultura orgánica v.s. agricultura moderna como factores en la salud pública. ¿Sostenibilidad?* (1 ed., Vol. 4). Horizonte Sanitario.
- Arias, J. (2020). *Proyecto de tesis: Guía para la elaboración*. Arequipa, Perú: Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-05577.
- Barrientos, H., Rosa del Castillo, C., y García, M. (2014). Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuario y de Recursos Naturales*, 2, 7-118.
- Bernal, M., Alburquerque, J., y Moral, R. (2009). *Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment*. Bioresource Technology.
- Camacho, F., Uribe, L., Newcomer, Q., Masters, K., y Kinyua, M. (2018). Bio-optimización del compost con cultivos de microorganismos de montaña (MM) y lodos digeridos de biodigestor (LDBIO). *UNED Research Journal*, 10, 330.
- Castro, P. (2015). *Análisis de crecimiento y acumulación de biomasa en Tomillo (Thymus vulgaris L)*. La Paz, Baja California Sur: Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- FAO. (2013). *Climate-Smart Agriculture Sourcebook. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome: FAO.
- FAO. (2014). *Building a common vision for sustainable food and agriculture. Principles and approaches*. Rome: FAO.
- Follett, R., Murphy, L., y Donahue, R. (1981). *Fertilizers and soil amendments*. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Gao, M., Li, B., Yu, A., Liang, F., Yang, L., y Sun, Y. (2010). The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust. *Bioresource Technology*, 101(6), 1899-1903.

- Gao, M., Liang, F., Yu, A., Li, B., y Yang, L. (2010). Evaluation of stability and maturity during forced-aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios. *Chemosphere* 78(5), 614-619, 78(5), 614-619.
- Garbanzo-León, G., y Vargas-Gutiérrez, M. (2014). Determinación Físicoquímicas de diez mezclas de sustrato para producción de almácigos, Guanacaste, Costa Rica. *Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica*, XV(30), 149 - 168.
- Garro, J. (2016). *El suelo y los abonos orgánicos*. Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria(INTA).
- Guo, Y., Chen, J.-Q., Su, M., y Hong, J.-G. (2018). *Bio-based Plastics with Highly Efficient Esterification of Lignocellulosic Biomass in 1-methylimidazole under Mild Conditions*. *Journal of Wood Chemistry and Technology*.
- Gutiérrez-Castorena, M., Hernández, J., Ortiz-Solorio, C., Anicua, R., y Hernández, M. (2011). Relación Porosidad-Retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuesta en plántulas de lechuga. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(3):183-196.
- Hernández, J. (2007). *Fertilizantes Orgánicos (estiércoles) en la producción del pasto maicillo Axonopus scoparius Hitch cv. Oliva, bajo diferentes edades de corte en época húmeda, en Tingo María*. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Hernández-Rodríguez, O., Hernández-Tecorral, A., Rivera-Figueroa, C., Arras-Vota, A., y Ojeda-Barrios, D. (2013). Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. *Terra Latinoamericana*, 31: 35-46.
- Kong, Z., Wang, X., Liu, Q., Li, T., Chen, X., Chai, L., . . . Shen, Q. (2018). *Evolution of various fractions during the windrow composting of chicken manure with rice chaff*. *Journal of Environmental Management*.
- López, E., Andrade, A., Herrera, M., Gonzalez, O., y García de la Figal, A. (2017). Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. *Centro Agrícola*, 49-55.

- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., y Niggli, U. (2002). *Soil fertility and biodiversity in organic farming*. Science.
- Manrique, L., y Bartholomew, P. (1991). Growth and yield performance of potato grown at three elevations in Hawaii: II Dry matter production and efficiency of partitioning. *Crop Sci*, 31.
- Medrano, H. (2006). Biorremediación para la contaminación ambiental agropecuaria. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, (2), 117-130.
- Mendoza, D., García, R., Belda, R., Fornes, F., y Abad, M. (2011). Compostaje y vermicompostaje de residuos hortícolas: evolución de parámetros físicos y químicos durante el proceso. Consecuencias ambientales. *Actas Hort*, 59:22-27.
- Monares-Gallardo, I., Ceja-Torres, L., Escalera-Gallardo, C., Vásquez-Gálvez, G., y Ochoa-Estrada, S. (2012). Tamaño de partícula y tiempo de aplicación pre-siembrade harina de pescado (*Plecostomus* spp.) En producción de calabacita. *Tierra Latinoamericana*, 147-155.
- Mosquera, B., Escandón, S., Coral, P., y Puente, N. (2010). *Abonos orgánicos: Protegen el suelo y garantizan alimentación sana*. Quito, Ecuador: Fondo para la Protección del Agua (FONAG).
- Nakhshiniev, B., Biddinika, M., Gonzales, H., Sumida, H., y Yoshikawa, K. (2014). Evaluation of hydrothermal treatment in enhancing rice straw compost stability and maturity. *Bioresource Technology*, 151, 306-313.
- Noguera, P., Abad, M., Puchades, R., Maquieira, A., y Noguera, V. (2003). Influence of Particle Size on Physical and Chemical Properties of Coconut Coir Dust as Container Medium. *Marcel Dekker*, 593–605.
- Orantes-García, C., Pérez-Farrera, M., Rioja-Paradela, T., y Garrido-Ramírez, E. (2013). Viabilidad y germinación de semillas de tres especies arbóreas nativas de la selva tropical, Chiapas, México. *Polibotánica*, 117- 127.
- Pérez, J. (2006). *La política de fomento a la agricultura orgánica*. El Cotidiano.
- Pretty, J. (2005). *The Pesticide Detox: Towards a More Sustainable Agriculture*. London: Earthscan.

- Pretty, J., Morison, J., y Hine, R. (2003). *Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries*. Agriculture, Ecosystems and Environment.
- Reganold, J., Papendick, R., y Parr, J. (1990). *Sustainable agriculture*. Scientific American.
- Román, P., Martínez, M., y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor Experiencias en américa latina*. Santiago de Chile: FAO-Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., y Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. España: McGraw-Hill.
- Thrupp, L. (1996). *Partnerships for Sustainable Agriculture*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Tilman, D., Cassman, K., Matson, P., Naylor, R., y Polasky, S. (2002). *Agricultural sustainability and intensive production practices*. Nature.
- Wang, X., Zheng, G., Chen, T., Nie, E., Wang, Y., Shi, X., y Liu, J. (2018). Application of ceramsite and activated alumina balls as recyclable bulking agents or sludge composting. *Chemosphere*, 218, 42-51.
- Xiao, Y., Zeng, G., Yang, Z., Shi, W., Huang, C., Fan, C., y Xu, Z. (2009). Continuous thermophilic composting (CTC) for rapid biodegradation and maturation of organic municipal solid waste. *Bioresource Technology*, 100(20), 4807-4813.
- Zhang, L., y Sun, X. (2018). *Influence of sugar beet pulp and paper waste as bulking agents on physical, chemical, and microbial properties during green waste composting*. Bioresource Technology.

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios, por haberme dado la vida, la bendición de buena salud en compañía de familiares y amigos, y por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

De igual manera mis agradecimientos a mi alma mater, la Universidad Nacional de Jaén, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento, a la Facultad de Ingeniería Forestal y Ambiental y a cada uno del personal docente que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y como profesional.

A todos mis amigos y futuros colegas; Arlan, Jhoan, Erdwin, Anthony Cubas, Franklin Junior, Fernando Aguirre, Henry Oliva y Vitoly Becerra; que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

Un agradecimiento especial a mí gran amigo y considerado hermano Noymer Franklin Barrantes Salazar, por el inmenso y profundo apoyo mostrado durante nuestra etapa universitaria y fuera de ella, lo hiciste de buena voluntad y sin esperar retribución alguna, gracias por colaborar en la formulación, ejecución y en la presentación de este trabajo de investigación. ¡Muchas gracias!

Quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Mg. Jorge Antonio Delgado Soto y al Ing. M Sc. Francisco Fernando Aguirre de los Ríos; asesor, co-asesor y amigos; principales colaboradores durante todo este proceso, que con sus direccionamientos, conocimientos, enseñanzas y colaboración permitieron el desarrollo de este trabajo.

Finalmente un agradecimiento a la COOPERATIVA DE SERVICIOS MÚLTIPLES SOL&CAFÉ LTDA, quien con el Proyecto de Desarrollo Cooperativo (CDP), financiado por Equal Exchange y USAID, quien con el apoyo económico hicieron posible que esta investigación se realizara con éxito.

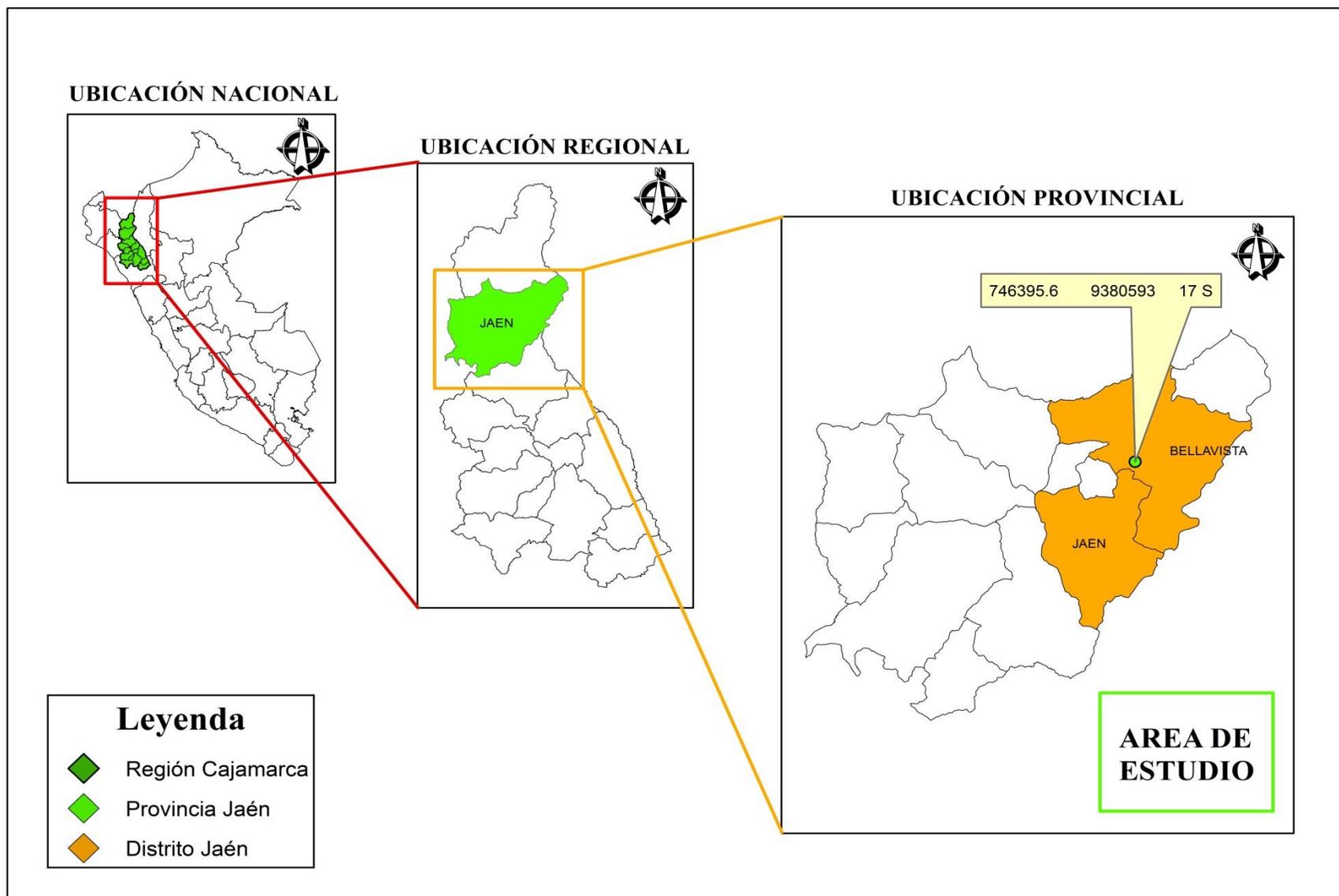
DEDICATORIA

A mis padres Pepe y Elsa por ser los principales motores de mi vida, gracias a ustedes por confiar en mí, creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por siempre acompañarme en cada una de las agotadoras y largas noches de estudio; gracias a mi padre por siempre desear lo mejor para mí y luchar para que lo tuviera todo, gracias por cada palmada en la espalda y por cada palabra que fueron mi guía en el transcurso de la carrera, y de mi vida.

A mi hermano Uber, por su apoyo y ayuda en cada proyecto, eres un ejemplo a seguir, el modelo de persona ideal que siempre soñaré en alcanzar, te quiero mucho hermano y estoy muy orgulloso de ti.

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del área de estudio



Anexo 2. Informe de ensayo para humedad del material a compostar



ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
DE SUELOS Y AGUAS

OIKOSLAB
SAC

ENSAYO OIKOSLAB SAC N° 1586-2019

Fecha de recepción : 13-07-2019

Solicitante : **Pepe Luis Rodriguez La Torre**

Bachiller : **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**

Institución : **Universidad Nacional de Jaén**

Proyecto de Tesis :

**" EFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DEL COMPOST A BASE DE
ESTIÉRCOL DE CUY EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE LAUREL "**

Muestra proporcionada por el solicitante

I.- Datos de muestra

Tipo : Plántulas de laurel

II.- Metodología del ensayo :

Gravimetría aplicada a muestras húmedas compost

III.- Resultado

I.- Humedad del material compostable

Tabla 1. Humedad del material compostable

Material compostable	Humedad (%)
Estiércol de cuy	20.0
Aserrín	13.97


Jorge A. Delgado Soto
ING. RESPONSABLE
CIP. 56757

Psje. San Pedro N°113 - Morro Solar Alto - Jaén
Cel. 970911920
✉ jads14@hotmail.com

Anexo 3. Cuadro de Temperaturas

Se registró diariamente la temperatura de la pila de compostaje y la temperatura del medio ambiente.

Tabla 18
Registro diario de la Temperatura hasta los 90 días

DÍAS	TEMPERATURA AMBIENTE °C	PROMEDIO DE LA TEMPERATURA DE LA PILA °C
1	27.2	35.9
2	27.3	38.0
3	26.9	40.7
4	32	40.8
5	30.7	40.6
6	29.8	40.4
7	31.4	39.5
8	32.7	37.7
9	28	34.9
10	33.4	39.2
11	29.7	41.7
12	31.1	41.0
13	27.9	41.3
14	28	39.3
15	27.7	36.7
16	27.1	37.7
17	25.2	36.6
18	31.3	35.3
19	28.5	37.1
20	26.2	39.7
21	28.6	40.9
22	26.2	42.7
23	30.3	48.4
24	29.3	54.5
25	31.5	61.8
26	30.6	60.1
27	29.8	54.9
28	30.1	50.3
29	25.7	50.1
30	33	49.8
31	31.3	48.1
32	28.3	48.2
33	33.5	47.7
34	30	45.9
35	28.5	47.2
36	27.3	45.3
37	30.4	43.5
38	33.2	45.7
39	28.5	42.2

40	27.9	42.1
41	29.6	41.6
42	27.7	41.7
43	26.3	38.7
44	25.6	37.4
45	26.6	37.0
46	25.8	36.3
47	30	35.8
48	27.4	33.5
49	27.7	33.1
50	32.7	34.4
51	34.2	34.6
52	32	34.3
53	31.2	33.8
54	32.9	33.0
55	28.7	30.7
56	32.8	29.4
57	31.3	29.8
58	32.4	32.1
59	30.1	30.3
60	29.5	29.8
67	28.8	29.6
74	29.2	29.0
82	29.5	28.7
90	27.6	28.7

Anexo 4. Comparación de temperaturas

Se hizo la comparación de las temperaturas de la pila de compostaje y la temperatura ambiente.

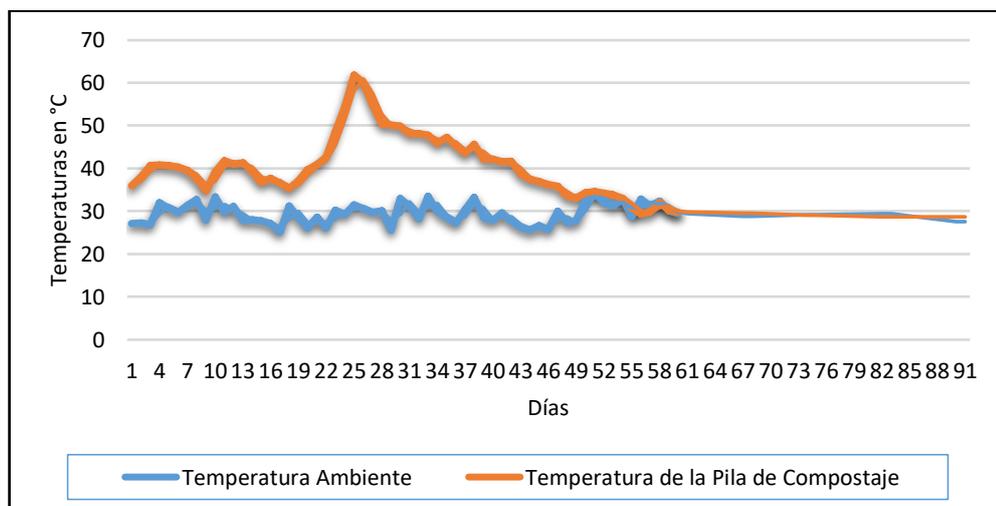


Figura 4. Temperatura de la pila de compostaje y medio ambiente

Anexo 5. Solicitud de acceso al laboratorio de la carrera de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
LEY DE CREACIÓN N° 29304 – RESOLUCIÓN DE FUNCIONAMIENTO N°647-2011-CONAFU
FACULTAD DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"



Jaén, 04 de Noviembre de 2019

SEÑOR:

Mg. Zadith Nancy Garrido Campaña

Coordinadora de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil.
Universidad Nacional de Jaén.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN	
CARRERA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL	
04 NOV 2019	
Reg. N°	Folios: -01-
Hora: 9:37 am	Firma: [Firma]

Yo, Pepe Luis Rodriguez La Torre con DNI: 70040828, Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Forestal y Ambiental, me presento a usted para solicitarle lo siguiente:

Dentro de la formación profesional para optar el Título de Ingeniero Forestal y Ambiental, como lo establece el reglamento de tesis de pregrado, se debe realizar un trabajo de investigación, es así como mi persona viene realizando la investigación denominada: "EFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DEL COMPOST A BASE DE ESTIÉRCOL DE CUY EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE LAUREL", aprobado mediante la Resolución N° 024-2019-UNJ-VPA-COORD-IFA, por lo cual pido a su persona autorice el préstamo de su laboratorio de la Carrera de Ingeniería Civil y los siguientes instrumentos que detallo:

- Tamices de malla N° 10, 18, 35, 60 de la Norma ASTM.
- Equipo RO-TAP.

Sin otro particular me suscribo de Usted, sin antes expresarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

Bach. Pepe Luis Rodríguez La Torre
DNI N°: 70040828

Anexo 6. Informe de ensayo para la obtención de biomasa seca



ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
DE SUELOS Y AGUAS

oikoslab
SAC

ENSAYO OIKOSLAB SAC N° 1685-2020

Fecha de recepción : 05-07-2020

Solicitante : **Pepe Luis Rodriguez La Torre**

Bachiller : **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**

Institución : **Universidad Nacional de Jaén**

Proyecto de Tesis :

**" EFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DEL COMPOST A BASE DE
ESTIÉRCOL DE CUY EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE LAUREL "**

Muestra proporcionada por el solicitante

I.- Datos de muestra

Tipo :  Plántulas de laurel

II.- Metodología del ensayo :

Secado de muestras codificadas, por el solicitante quien requirió el peso promedio de seis plántulas de tres bloques cada una con cuatro tratamientos.


Jorge A. Delgado Soto
ING. RESPONSABLE
CIP. 56757



Psje. San Pedro N°113 - Morro Solar Alto - Jaén
Cel. 970911920
jads14@hotmail.com



ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
DE SUELOS Y AGUAS

OIKOSLAB
S.C.C.

III.- Resultados

Tabla 1. Biomasa seca

Bloque	Tratamientos	Biomasa seca
Bloque 1	T ₁	0.0627
	T ₂	0.3472
	T ₃	0.1592
	T ₄	0.3158
Bloque 2	T ₁	0.0830
	T ₂	0.5040
	T ₃	0.0963
	T ₄	0.3645
Bloque 3	T ₁	0.0610
	T ₂	0.4618
	T ₃	0.1248
	T ₄	0.4692


 **Jorge A. Delgado Soto**
ING. RESPONSABLE
CIP. 56757

Psje. San Pedro N°113 - Morro Solar Alto - Jaén
Cel. 970911920
✉ jads14@hotmail.com

Anexo 7. Informe de ensayo de análisis microbiológico



ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
DE SUELOS Y AGUAS

oikoslab
SAC

ENSAYO OIKOSLAB SAC N° 1687-2020

Fecha de recepción : 18/07/2020
Responsable del ensayo : Blgo. Christian Alexander Rivera Salazar
Institución : Universidad Nacional de Jaén
Carrera profesional : Ingeniería Forestal y Ambiental
Responsable de la muestra : Bach. Pepe Luis Rodríguez La Torre
DNI : 70040828
Título de la investigación :

**“EFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DEL COMPOST A BASE DE ESTIÉRCOL DE
CUY EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE LAUREL”**

I. Datos de la muestra

Procedencia

Sector : San Agustín
Distrito : Bellavista
Provincia : Jaén
Región : Cajamarca

Tipo de muestra : Compost

II. Datos del ensayo

Tipo : Análisis microbiológico
Metodología : Método de fermentación en tubos múltiples y recuento en placa

Norma : SMEWW-APHA-AWWA-WEF. 21st 2005

III. Resultados

Parámetro microbiológico	Resultado
Coliformes totales (NMP/100 mL)	2200
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	0
<i>Escherichia coli</i>	No se evidencia crecimiento
<i>Salmonella</i>	No se evidencia crecimiento



Blgo. Christian A. Rivera Salazar
MBLGO. RESPONSABLE
C.B.P. 4152



Psje, San Pedro N°113 - Morro Solar Alto - Jaén
Cel. 970911920
jads14@hotmail.com

Anexo 8. Informe de ensayo de análisis de suelo agrícola



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 : COOPERATIVA DE SERVICIOS MÚLTIPLES SOL & CAFÉ LTDA.

Departamento : CAJAMARCA

Distrito : JAÉN

Referencia : H.R. 72281-047C-20

Fact.: 8631

Provincia : JAÉN

Predio :

Fecha : 27/07/2020

Número de Muestra	Lab	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					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
2855		Muestra suelo agrícola	6.29	0.97	0.00	5.02	13.3	407	54	24	22	Fr.Ar.A.	28.16	17.20	5.80	0.70	0.16	0.00	23.86	23.86	85

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

Número de Muestra		B	Cu	Fe	Mn	Zn	N %
Lab.	Claves	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
2855	Muestra suelo agrícola	0.78	1.60	175.68	66.64	13.28	0.38



B. La Torre Martínez
Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

Anexo 9. Informe de ensayo de análisis del material orgánico por tratamientos



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



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : COOPERATIVA DE SERVICIOS MÚLTIPLES SOL & CAFÉ LTDA.
 PROCEDENCIA : CAJAMARCA/ JAÉN/ JAÉN
 MUESTRA DE : COMPOST
 REFERENCIA : H.R. 72280
 FACTURA : 8630
 FECHA : 27/07/2020

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
314	T1	9.70	3.15	59.79	2.53	3.73	4.74
315	T2	9.76	18.00	73.36	2.48	2.56	3.31
316	T3	9.82	9.54	64.18	2.52	2.82	3.84
317	T4	9.85	13.80	51.72	2.67	3.00	4.90

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
314	T1	3.85	2.00	16.95	0.14
315	T2	3.13	1.12	13.24	0.12
316	T3	3.12	1.44	13.38	0.10
317	T4	3.91	1.69	24.85	0.12

Nº LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
314	T1	1695	40	515	289	42
315	T2	1715	40	365	249	32
316	T3	1758	38	438	262	27
317	T4	1199	37	349	255	19



B. Torre Martínez
Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 Celular: 946-505-254
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 10. Pesado de las materias a compostar



Anexo 11. Mezcla del estiércol de cuy con aserrín más agua



Anexo 12. Medición de la pila a compostar



Anexo 13. Tapado con plástico de la pila



Anexo 14. Medición de temperatura



Anexo 15. Volteo de la pila con maquinaria



Anexo 16. Comparación del compost del día 1 y el día 60



Anexo 17. Sembrío de las semillas de laurel



Anexo 18. Tamizado del compost



Anexo 19. Mezcla del abono tamizado con la tierra agrícola



Anexo 20. Puesta de chapolas de laurel a los tubetes



Anexo 21. Clasificación de los tratamientos en bloques



Anexo 22. Clasificación de los tratamientos en bloques



Anexo 23. Medición de la longitud total y número de hojas

