

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**CALIDAD DE COMPOST ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS
ORGÁNICOS PRODUCIDOS EN EL CASERÍO DE MARONA, TINGO MARÍA
– REGIÓN HUÁNUCO**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

MARÍA DIANA JUAN DE DIOS HUACHO

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

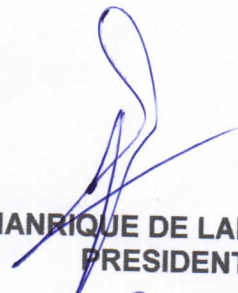
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 27 de febrero de 2019, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“CALIDAD DE COMPOST ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS EN EL CASERÍO DE MARONA, TINGO MARÍA – REGIÓN HUÁNUCO”

Presentado por la Bachiller: **JUAN DE DIOS HUACHO, María Diana**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 11 de Marzo del 2019


Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUÁREZ
PRESIDENTE


Ing. MSc. JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO
VOCAL


Ing. MSc. SANDRO JUNIOR RUIZ CASTRE
VOCAL




Ing. JAIME TORRES GARCÍA
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



CALIDAD DE COMPOST ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS
ORGÁNICOS PRODUCIDOS EN EL CASERÍO DE MARONA, TINGO MARÍA
– REGIÓN HUÁNUCO

Autor : Bach. María Diana Juan de Dios Huacho

Asesor : Ing. Jaime Torres García

Programa de investigación : Ciencias básicas

Línea(s) de investigación : Física y química de suelos

Eje temático de investigación : Manejo de abonos orgánicos

Lugar de ejecución : Caserío Marona

Duración **Fecha de inicio** : 23 marzo 2018

Término : 23 setiembre 2018

Financiamiento : Propio

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban.

A mi amada hija Maju Ariadna por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mi amada madre quien con sus palabras de aliento no me dejaba decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

AGRADECIMIENTOS

En primera agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.

Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirme sus conocimientos y dedicación que los ha regido, he logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de mi tesis con éxito y obtener una afable titulación profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Antecedentes	4
2.1.1. Internacional.....	4
2.1.2. Nacional	5
2.1.3. Local.....	7
2.2. Beneficios de la fertilización orgánica.....	8
2.3. Compost	10
2.3.1. Calidad del compost	11
2.3.2. Propiedades del compost	13
2.4. Norma chilena 2880	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Lugar de ejecución.....	19
3.1.1. Ubicación.....	19
3.1.2. Clima	19

3.1.3. Zona de vida.....	21
3.1.4. Características de la producción del compost.....	21
3.2. Materiales y equipos	23
3.3. Metodología	23
3.3.1. Procedimiento de recolección de muestras	24
3.3.2. Fase laboratorio.....	26
3.3.3. Fase de gabinete.....	30
IV. RESULTADOS	32
4.1. Calidad física del compost a partir de RSO en el caserío de Marona.....	32
4.2. Calidad química del compost a partir de RSO en el caserío de Marona.....	33
4.2.1. Propiedades químicas del compost	33
4.2.2. Metales pesados en el compost.....	36
4.3. Calidad biológica del compost a partir de RSO en el caserío de Marona.....	38
V. DISCUSIÓN	39
5.1. De la calidad física del compost a partir de RSO en el caserío de Marona	39

5.2.	De la calidad química del compost a partir de RSO en el caserío de Marona	40
5.3.	De la calidad biológica del compost a partir de RSO en el caserío de Marona	42
VI.	CONCLUSIONES	43
VII.	RECOMENDACIONES.....	44
VIII.	ABSTRACT	45
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
	ANEXO.....	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Resultados de análisis físico-químico en comunidades de la región Moquegua.	6
2. Calidad de las muestras de compost según sus características físicas.....	32
3. Parámetros de las propiedades químicas del encontrados en el compost muestreado.....	34
4. Contrastación de hipótesis de las propiedades químicas encontradas en el compost muestreado.....	35
5. Parámetros del contenido de metales pesados encontrados en el compost muestreado.....	36
6. Contrastación de hipótesis del contenido de metales pesados encontrados en el compost muestreado.....	37
7. Calidad de compost muestreado según sus características microbiológicas.	38
8. Operacionalización de las variables.	56
9. Análisis granulométrico para la muestra 1.	57
10. Análisis granulométrico para la muestra 2.	57
11. Análisis granulométrico para la muestra 3.	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Comportamiento de la precipitación mensual en Tingo María.	20
2. Comportamiento de la temperatura media en Tingo María.	20
3. Planta de compostaje.	59
4. Recogiendo RSO (restos de cacao) en la comunidad de Marona para la realización del compost en la planta de compostaje.	59
5. Insumos para realizar compost en la planta de compostaje.	60
6. Realizando labores de picar y cortar los restos de RSO (troncos de platano).	60
7. Mezclando los RSO con la pala.	61
8. Residuo sólido orgánico mezclado.	61
9. Determinando la temperatura del compost en la planta de compostaje.	62
10. Midiendo la temperatura de otra pila de compost en la planta de compostaje.	62
11. PH-METROPORTATIL HI99121 HANNA para determinar parámetros físicos, químicos del compost.	63
12. Preparación de la muestra de compost para el análisis microbiológico.	63

13. Muestra de compost pesado.	64
14. muestra de compost añadido en caldo peptonado.	64
15. Realizando siembra con anza en placas con agar VBRF.	65
16. Para coliformes termotolerantes realizando la lectura de la diferenciación bioquímica.	65
17. Enumeración de actinomicetos en las 3 muestras.....	66
18. Selección de muestra de compost para el análisis de semillas viables.	66
19. Cámara de germinación.	67
20. Compost para el análisis de semillas viables.	67
21. Diagnóstico microbiológico de la primera muestra de compost.	68
22. Diagnóstico microbiológico de la segunda muestra de compost.	69
23. Diagnóstico microbiológico de la tercera muestra de compost.	70

RESUMEN

El caserío de Marona cuenta con una planta de compostaje la cual ofrece productos que no presentan reportes de su contenido nutricional hacia las personas que los adquieren y aún no hay estudios que garantice la calidad del compost elaborado motivo por el cual se realizó el estudio con el objetivo de determinar la calidad de compost producidos a partir de RSO recepcionados por la planta de compostaje ubicada en el caserío Marona, el estudio se realizó en la planta de compostaje del proyecto Recuperación de suelos degradados mediante la reforestación en 30 comunidades del distrito de Luyando provincia de Leoncio Prado – región Huánuco. Se realizó el muestreo de compost de tres pilas mediante el método del cuarteo y se analizó las propiedades físicas, químicas y biológicas; dichos resultados se compararon con la norma chilena 2880. Como resultado se obtuvo que, en base a las propiedades físicas, el compost fue de calidad A, en base a las propiedades químicas del compost pertenece a la calidad A, pero no puede utilizarse en la agricultura orgánica debido a que el contenido de cadmio fue superior a los límites permisibles y en caso de las propiedades biológicas, se tiene que el compost que es de calidad A por la ausencia de coliformes fecales y *Salmonella* sp. Se concluye que el compost en un 68.42% pertenece a la clase A considerando al tamaño de partículas, plásticos flexibles, piedras y terrones, vidrio, metal, caucho y plástico rígido, presencia de semillas germinables, N, C/N, Madurez, Na, Pb, Cu, Zn, Coliformes fecales y *Salmonella* sp.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las características de la sociedad de consumo en la que vivimos, especialmente acentuada en las últimas décadas, y que mejor la define, es la generación de residuos. Todas las actividades humanas, cualquiera que sea su campo de actuación (agrícola, forestal, ganadera, industrial o urbana), generan residuos.

Los residuos sólidos son producto de la actividad humana y generalmente se depositan al aire libre provocando malos olores, producidos por el desprendimiento de gases, además facilitan el desarrollo de insectos (zancudos, moscas, cucarachas) que provocan diferentes enfermedades, contaminan el ambiente y deterioran el paisaje. Por estas razones se ha buscado por mucho tiempo la forma de degradarlos adecuadamente.

Según IWEGBUE *et al.* (2007), es necesario realizar más investigaciones encaminadas a determinar las condiciones del proceso de producción de compost y conocer la calidad del producto final. Al respecto la Organización Panamericana de Salud - OPS (2005) expresa que, el desarrollo tecnológico e investigación en el área de residuos sólidos es limitado en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, siendo escasa la contribución de las universidades. Según HUERTA *et al.* (2010), la concepción con relación a la calidad del compost como enmienda orgánica debe ser

beneficiosa para el suelo y el crecimiento de las plantas. En esa perspectiva, se debe interpretar a tres niveles: calidad física, química y biológica.

La calidad del compost permite aportar un valor al producto. A partir de este valor se puede establecer un precio coherente que no es más que el acuerdo entre la oferta y la demanda. Por eso se considera necesario el establecimiento de la calidad del producto por parte de los ofertantes e informar de ella a los demandantes.

Desde el punto de vista comercial, la calidad puede entenderse también como aquella situación que hace que el cliente vuelva al lugar de producción a comprarlo. Así mismo se ha comprobado que si el compost proveniente de materiales orgánicos municipales es de alta calidad, se consume en forma satisfactoria (BORDEN *et al.*, 2004).

El caserío de Marona cuenta con una planta de compostaje la cual ofrece productos que no presentan reportes de su contenido nutricional hacia las personas que los adquieren y aún no hay estudios que garantice la calidad del compost elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos principalmente para uso agrícola; dicha información deben estar acorde con las normas internacionales, las cuales generan interrogantes como: ¿Cuál es la calidad de compost producidos a partir de RSO de la planta de compostaje ubicada en el caserío Marona?

Determinar la calidad del compost final, según URIBE (2003) depende de varios parámetros que intervienen durante el proceso de

fermentación y maduración, los cuales generalmente oscilan dentro de unos rangos debido a la heterogeneidad de la mezcla inicial (los residuos) y a las posibles variaciones estacionales en su composición. Estos parámetros son la temperatura, humedad, relación carbono - nitrógeno, presencia de oxígeno, pH, etc., motivo por el cual es necesario conocer los valores para ofrecer el producto final.

La hipótesis considerada para el estudio radicó en: que la calidad de compost producidos a partir de RSO de la planta de compostaje ubicada en el caserío Marona es de calidad B, para ello se plantearon los objetivos:

Objetivo general:

- Determinar la calidad de compost producidos a partir de RSO recepcionados por la planta de compostaje ubicada en el caserío Marona.

Objetivos específicos:

- Determinar la calidad física del compost a partir de RSO.
- Determinar la calidad química del compost a partir de RSO.
- Determinar la calidad biológica del compost a partir de RSO.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

En la Coruña (España), ROCA *et al.* (2008) indican que el compost procedente de RSU, presentó una excelente calidad ajustándose a la normativa española Real Decreto 824/2005, determinaron que el 100% de partículas pasaron por malla de 20 mm, el tamaño de partículas inertes, elementos extraños y humedad estuvieron por debajo de los valores reportados en dicho decreto, con 7.3 de pH, para la M.O., el N, el P, el Ca, el Mg y K alcanzaron valores de 51.20%, 3.12%, 0.85%, 1.85%, 2.05% y 1.10% respectivamente; la relación C/N obtenido fue 9.52 y para las propiedades biológicas no hubo presencia de patógenos.

Según el Real Decreto 824/2005, un compost de excelente calidad debe presentar las siguientes características: el 90% de partículas deben pasar por malla de 25 mm (granulometría), el tamaño de partículas inertes es menor que 10 mm, los elementos extraños deben ser menor al 3% y con 40% de humedad, el pH debe estar cercano a neutro, >35% de M.O, >1%de N, >0.43% de P, >1.4% de Ca, >0.20% de Mg y >0.41% de K., < 18 en la relación C/N y sin la presencia de patógenos.

NOGALES (1993) indica que, el valor medio de pH fue 7.04 el cual estuvo próximo al límite inferior del intervalo normal de compost de RSU (7.0 – 8.5). La conductividad eléctrica (CE) varió en un amplio intervalo (1.5 - 11.5 dS/m), con una media de 5.96 dS/m que coincide con el valor inferior del intervalo normal (6 - 15 dS/m). El contenido de M.O fue variable, con un promedio del 34.6%. En los composts C10 el valor medio de la relación C/N fue 20.6 (óptimo), el contenido medio de N fue de 0.93%. Los contenidos de P, K, Ca y Mg, son similares a los normales en composts de RSU. Con relación a la humedad (28.0%) sobre base húmeda presentó un contenido apropiado, este valor es inferior al máximo admitido (40%) por la legislación española para compost (BOE 131/1998).

2.1.2. Nacional

El MINAM (2013) en un estudio de caracterización física de residuos sólidos municipales realizado en la ciudad de Huancayo determinó el contenido de humedad en la composición totalmente orgánica cuyos resultados fueron de 79.71% para residuos de restaurantes, 67.89% para residuos de mercado y 67.89% para residuos domiciliarios, la finalidad de saber la humedad fue para estimar la potencialidad de los residuos orgánicos para la generación de lixiviados y adoptar medidas de control, así como conocer el contenido de humedad de los residuos orgánicos con el cual se inició el proceso de compostaje y su consecuente contenido en el compost final. El estudio realizado por GALLARDO (2013) tuvo como objetivo caracterizar el compost producido a partir de residuos domésticos urbanos degradables.

Cuadro 1. Resultados de análisis físico-químico en comunidades de la región Moquegua.

Parámetro físico-químico	Unidad	Lugar de muestreo		
		Comunidad Agani*	Comunidad Chucapaca*	Comunidad Corire*
Conductividad eléctrica				
	dS/mm	16.02	16.64	22.10
pH	Unidades	8.3	7.5	7.8
Humedad	%	18.7	8.4	9.4
Materia orgánica	%	21.0	12.9	19.9
Macroelementos:				
- Nitrógeno (N)	mg/kg	1.300.57	1.846.67	2.687.25
- Fósforo (P)	mg/kg	8.622	5.466	7.551
- Potasio (K)	mg/kg	19,489	14,250	17,353
Microelementos:				
- Calcio (Ca)	mg/kg	28.195	18.732	27.425
- Magnesio (Mg)	mg/kg	5.104	2.652	3.097
- Hierro (Fe)	mg/kg	8.169	4.842	4.034
- Manganeso (Mn)	mg/kg	1.018	517	389
- Boro (B)	mg/kg	48.2	25.7	26.3
- Molibdeno (Mo)	mg/kg	2.23	2.46	1.99
Metales pesados:				
- Arsénico (As)	mg/kg	8.8	13.5	4.8
- Cadmio (Cd)	mg/kg	< 0.03	< 0.03	< 0.03
- Cobre (Cu)	mg/kg	28.4	17.6	17.1
- Cromo (Cr)	mg/kg	2.99	2.38	3.16
- Níquel (Ni)	mg/kg	4.7	4.2	3.0
- Plomo (Pb)	mg/kg	5.8	10.0	5.9
- Zinc (Zn)	mg/kg	110.8	118.3	276.0

* Fecha de muestreo: 20/07/2012.

Fuente: Gallardo (2013).

CHÁVEZ (2015) reportó valores de pH en promedio de 8.24 y 7.72 para Tingo María y Aucayacu cuyos valores ligeramente alcalinos, se debe probablemente a que el compost ha logrado su madurez. Asimismo, señaló que los dos tipos de compost (producto final) tuvieron niveles de humedad bajos alrededor del 23 % Tingo María y 25% para Aucayacu. Aunque dicho nivel está por debajo del rango de 30% a 40%, según el Decreto español 824/2005, al respecto este parámetro no supone ningún problema para el cribado, almacenamiento, minimizar el transporte de agua y que puede ajustarse sin problemas para la comercialización del producto. La conductividad eléctrica en promedio del compost en base a dos repeticiones fue 2.50 y 2.95 dS/m respectivamente. Estos resultados relativamente bajos se deben posiblemente a los materiales orgánicos empleados en el proceso, con limitada presencia de sales y a la mineralización de la materia orgánica.

2.1.3. Local

VÁSQUEZ *et al.* (2014) determinó la calidad del compost en base a la Norma Chilena de Calidad de Compost 2880, concluyendo que la calidad correspondió a la Clase B porque la conductividad eléctrica (7.78 dS/m) sobrepasó el valor de 3 dS/m al igual que el Zn (1.200.61) que superó los 200 mg/kg para considerarse compost de calidad Clase A, aun cuando los parámetros como el N (1.43%) y MO (20.34%) expresados en base seca, al igual que el pH (8.12), relación C/N (11.76). VARGAS (2016) en una producción de compost determinó el pH (8.28), materia orgánica en base seca (21.83%), humedad (28.77%) y dentro de los macronutrientes estuvieron el

contenido de N, P y K con valores de 1.91%, 0.62% y 0.65% respectivamente; los micronutrientes como Ca (2.12%), Fe (0.47%), Mn (0.03%) y Mg (0.51%) y en el contenido de metales pesados como el Cu (124.31 mg/kg), Zn (207.93 mg/kg), Cd (0.26 mg/kg) y Pb (40.32 mg/kg).

2.2. Beneficios de la fertilización orgánica

La aplicación de materia orgánica humificada aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana, como son: las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos, y huminas), que al incorporarla ejercerá distintas reacciones en el suelo como son:

- Mejora la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados estables con lo que mejora la permeabilidad de éstos, aumenta la fuerza de cohesión a suelos arenosos y disminuye esta en suelos arcillosos (TISDALE y NELSON, 1966; TAN y NOPAMOMBODI, 1979; GUERRERO, 1996; BELLAPART, 1996; BOLLO, 1999).
- Mejora la retención de humedad del suelo y la capacidad de retención de agua (TISDALE y NELSON, 1966; BELLAPART, 1996; GUERRERO, 1996; BOLLO, 1999).
- Estimula el desarrollo de plantas (TAN y NOPAMOMBODI, 1979; HARTWIGSEN y EVANS, 2000).

- Mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por el escurrimiento superficial (BOLLO, 1999).
- Eleva la capacidad tampón de los suelos (LANDEROS, 1993; BOLLO, 1999).
- Su acción quelante contribuye a disminuir los riesgos carenciales y favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes (Fe, Cu y Zn) para la planta (LANDEROS, 1993; BOLLO, 1999; TRADECORP, 2001).
- El humus aporta elementos minerales en bajas cantidades, y es una importante fuente de carbono para los microorganismos del suelo (TISDALE y NELSON, 1966; GUERRERO, 1996; BELLAPART, 1996; BOLLO, 1999).

Dos de los componentes importantes en la materia orgánica son los ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales son los responsables de muchas de las mejoras que ejerce el humus (TRADECORP, 2001), las sustancias húmicas elevan la capacidad de intercambio catiónico de los suelos al formar complejos arcilla-húmicos (LANDEROS, 1993; GUERRERO, 1999; TRADECORP, 2001), forman complejos fosfo-húmicos manteniendo el fósforo en un estado asimilable por la planta (TISDALE y NELSON, 1966; GUERRERO, 1996; CHEN *et al.*, 2001). También es importante reconocer que el humus favorece el desarrollo normal de cadenas tróficas en el suelo (BOLLO, 1999).

Otro beneficio de la materia orgánica humificada es su potencial para controlar poblaciones de patógenos del suelo (HADAR y MANDELBAUM, 1992; HOITINK *et al.*, 1991). Las bacterias y hongos aislados con actividad antagónica sobre patógenos del suelo encontrados corresponden a los siguientes géneros: *Bacillus*, *Enterobacter*, *Flavobacterium balustinum*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, entre otros géneros de bacterias y *Trichoderma*, *Gliocadium virens*, *Penicillium*, entre otros géneros de hongos.

2.3. Compost

El compost es el resultado de un proceso biológico en el cual la materia orgánica se transforma en humus bajo la actividad de microorganismos de tal manera que sean aseguradas las condiciones necesarias (especialmente temperaturas, tasa C/N, aireación y humedad) para que se realice la fermentación aeróbica de estos materiales (SOTO, 2003).

Según FERNÁNDEZ *et al.* (2004), el compost es considerado como un alimento para la cadena trófica del suelo, como una “siembra” promotora de la actividad biológica de los microorganismos del suelo, como un sustrato con propiedades de control de enfermedades de las plantas cultivadas. En suma, el compost puede constituir un excelente factor de producción en los agroecosistemas y un excelente factor de protección y conservación de los suelos.

La Norma Chilena Oficial N° 2880 (2005), conceptualiza el compost como el producto que resulta del proceso de compostaje. Está constituido

principalmente por materia orgánica estabilizada, donde no se conoce su origen, puesto que se degrada generando partículas más finas y oscuras. Para fines de la aplicación de la Norma Ambiental Mexicana N° 020 (2011), se entiende por compost como el producto terminado del proceso de composteo de la fracción orgánica, entendiéndose como la porción de los residuos sólidos urbanos que es biodegradable.

2.3.1. Calidad del compost

Según ANSORENA *et al.* (2011), la calidad del compost no es un concepto absoluto, sino que depende de los usos a que se destine. En tal sentido conceptualizan como “la capacidad o aptitud del compost para satisfacer las necesidades de las plantas, con un mínimo impacto ambiental y sin riesgo para la salud pública”.

Según URIBE (2003), la calidad del compost final depende de varios parámetros que intervienen durante el proceso de fermentación y maduración, los cuales generalmente oscilan dentro de unos rangos debido a la heterogeneidad de la mezcla inicial (los residuos) y a las posibles variaciones estacionales en su composición. Estos parámetros son la temperatura, humedad, relación carbono nitrógeno, presencia de oxígeno, pH, etc.

Para GIMÉNEZ *et al.* (2005), es importante considerar la calidad del compost a partir de las características que resulten de aplicar un tratamiento respetuoso con el medio ambiente, con el objetivo de producir un producto destinado a ser utilizado en el suelo o como substrato, según el caso.

Es importante diferenciar la calidad agronómica de la ausencia de contaminantes, y no sea una transferencia de contaminación hacia el medio agrícola o natural.

Según HUERTA *et al.* (2010), la concepción con relación a la calidad del compost como enmienda orgánica debe ser beneficiosa para el suelo y el crecimiento de las plantas. En esa perspectiva, se debe interpretar a tres niveles: calidad física, química y biológica. Lograr un compost con una baja presencia de impurezas (calidad física), un buen nivel de componentes agronómicamente útiles, un bajo contenido en contaminantes (calidad química) y una reducida carga patógena con o sin presencia de microorganismos (calidad biológica), las mismas que dependen de dos factores básicos: la composición inicial de los materiales de partida (restos vegetales) y el manejo del proceso.

SCHELEISS (2004) reportó que, la calidad del compost permite aportar un valor al producto. A partir de este valor se puede establecer un precio coherente que no es más que el acuerdo entre la oferta y la demanda. Por eso se considera necesario el establecimiento de la calidad del producto por parte de los ofertantes e informar de ella a los demandantes. Desde el punto de vista comercial, la calidad puede entenderse también como aquella situación que hace que el cliente vuelva al lugar de producción a comprarlo. Así mismo se ha comprobado que si el compost proveniente de materiales orgánicos municipales es de alta calidad, se consume en forma satisfactoria (BORDEN *et al.*, 2004).

2.3.2. Propiedades del compost

Según LÓPEZ (2011), en una investigación que realizó sobre caracterización de compost derivados de residuos orgánicos para uso como sustratos menciona que, el primer paso para la utilización del compost es la caracterización de sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas como indicadores para conocer su calidad.

2.3.2.1. Características físicas del compost

Tamaño de partículas

Según ABAD y NOGUERA (1998), las propiedades físicas del compost son de gran importancia porque cuando se aplican y las plantas están creciendo en él, la capacidad del usuario para intervenir en la modificación de las propiedades físicas es prácticamente nula. Esto contrasta con las propiedades químicas, que pueden ser modificadas mediante técnicas de abonamiento o fertilización, realizadas por el propio agricultor. Las propiedades físicas del compost dependen del tamaño de las partículas. Una mezcla de tamaño fino y poco grueso propicia aumento en la capacidad de retención de agua, debido a que las partículas pequeñas ocupan los sitios vacíos que quedan entre las partículas grandes (ANSORENA, 1994).

Por su parte NOGUERA *et al.* (2003) señalan que las partículas con un diámetro de 0.5 mm ocasionan cambios en las propiedades físicas del sustrato. Debido a que la mayoría de los sustratos están constituidos por una

mezcla de partículas disgregadas de diferentes tamaños. El tamaño de partículas o granulometría de un compost es importante porque determina el espacio del poro, densidad aparente, el aire y capacidad de retención de agua (BURÉS, 1997).

Contenido de humedad

MADRID *et al.* (2001) indican que, la humedad del compost en la legislación española (Boe 131/1998), debe tener un valor máximo admitido de 40%, el mismo que puede ser afectado en las épocas lluviosas. La humedad óptima del compost acabado debe estar alrededor del 30%, no debiendo pasar para uso agrícola del 40% (CEMPRE, 1998).

2.3.2.2. Características químicas del compost

Materia orgánica

MADRID *et al.* (2001) encontró que, el contenido de materia orgánica del compost fue variable, contenido que puede mejorarse con la recogida selectiva, siendo el mejor camino para conseguir un mayor contenido orgánico, y una variabilidad menor de este parámetro. NOGALES (1993) señala que, los contenidos de materia orgánica en los composts de RSU presentan habitualmente amplios márgenes de variación (20 - 60%). El conocimiento del contenido de materia orgánica de los composts es fundamental, pues se considera como el principal factor para determinar su calidad agronómica (KIEHL, 1985). ARCA (1970) revela que, un incremento de la temperatura en 10 °C determina que la velocidad de las reacciones químicas

se duplique o triplique. Puede establecerse entonces que un incremento de 10 °C en la temperatura media anual reduce el contenido de la materia orgánica a la mitad o a la tercera parte. La materia orgánica disminuye más rápido cuanto más alto es la temperatura del medio, y cuando la temperatura es baja la disminución es más lenta.

Durante el compostaje, la materia orgánica tiende a descender debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20% en peso de la masa compostada (ZUCCONI y DE BERTOLDI, 1987). Este descenso de materia orgánica transcurre en dos etapas. Inicia con un rápido decrecimiento de los carbohidratos, transformándose las cadenas carbonadas largas en otras más cortas con la producción de compuestos simples; algunos de los cuales se reagrupan para formar moléculas complejas dando lugar a los compuestos húmicos (TOMATI *et al.*, 2000 y CASTALDI *et al.*, 2005). Generalmente este último cambio no finaliza durante el tiempo que dura el compostaje.

Macronutrientes y micronutrientes

Con respecto a las propiedades químicas, según MARTÍNEZ *et al.* (2011) concluyen que, el contenido en nutrientes en el compost como N, P y K tiene una gran variabilidad, ya que depende de los materiales de origen fluctuando para el N de 0.3% a 1.5% (3 a 15 g/kg de compost), P de 0.1% a 1.0% (1 a 10 g/kg de compost) y K de 0.3% a 1.0% (3 a 10 g/kg de compost).

Para el parámetro nitrógeno, NOGALES (1993) indica como habitual en compost de RSU niveles entre 0.4 - 1.8 %, los contenidos más bajos, sobre todo si están asociados a un valor alto de la relación C/N, podrían originar inmovilización de este nutriente tras la aplicación del compost al suelo, cuyo comportamiento fue comprobado experimentalmente por MADRID (1999), mediante ensayos de incubación con este compost. Para evitar en lo posible los efectos sobre los cultivos derivados de esta inmovilización de N, se recomienda la aplicación del compost con suficiente antelación al cultivo (más de 3 meses) o aplicar fertilización nitrogenada adicional (MADRID *et al.*, 2000).

Según ROJAS (s.f.), la pérdida de fósforo soluble de la solución suelo o abonos orgánicos se da por absorción del fósforo a través de un proceso continuo donde una parte de fósforo soluble desaparece de la solución, debido a que queda retenido en la fase sólida (partículas sólidas). Una proporción importante de este fósforo evoluciona a formas insolubles por lo que vuelve con gran dificultad a la solución y otra fracción queda retenida casi irreversiblemente con gran energía, lo que se considera prácticamente una pérdida de fósforo que se conoce con el nombre de “fósforo fijado o bloqueado”.

Contrariamente a lo que sucede con las formas inorgánicas del nitrógeno, las cuales al no ser muy estables en los suelos son fácilmente pérdidas por lixiviación, denitrificación y volatilización, el P es relativamente estable en los suelos y no se pierde por ninguno de los mecanismos mencionados. La alta estabilidad de los compuestos fosfatados en los suelos

es consecuencia de la baja solubilidad de estos. Sin embargo, esto constituye la causa inmediata de deficiencias de P. Por otra parte, los niveles alcanzados de P van disminuyendo con el tiempo, en función al grado de reacción del P con diferentes constituyentes del suelo o sustrato para formar compuestos insolubles. La baja solubilidad de los compuestos de fósforo en los suelos trae como consecuencia niveles muy reducidos de fosfatos en la solución del suelo, por lo general menor a 0.05 ppm.

El pH

Es aquella propiedad que establece el grado de acidez o de alcalinidad y tiene una gran influencia en muchas de sus propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo o sustratos orgánicos. Por esta razón, es una de sus propiedades más importantes (JARAMILLO, 2002). Siendo normal que la salinidad se incremente durante el compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica (PASCUAL *et al.*, 1997).

Relación carbono - nitrógeno (C/N)

Según OPS (1999), la relación C/N expresa las unidades de carbono por unidades de nitrógeno que contiene un material. El carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes (rango desde 12 a 15) favorecerá un buen crecimiento y reproducción.

2.4. Norma chilena 2880

Declarada oficial de la república de Chile por decreto exento n° 89 del ministerio de agricultura el 9 de febrero 2005 y publicada en el diario oficial el 22 de febrero 2005.

Esta norma tiene por objetivo establecer la clasificación y requisitos de calidad del compost producido a partir de residuos orgánicos y de otros materiales orgánicos generados por la actividad humana, tales como los agroindustriales, agrícolas (forestales, cultivos y ganaderos), animales, pesqueros, de mercados y ferias libres en que se comercializan productos vegetales; de la mantención de parques y jardines; residuos domiciliarios verdes; de lodos provenientes de aguas servidas y residuos industriales líquidos.

Esta norma se aplica al compost producido en plantas de compostaje establecidas, en faenas in situ y en plantas móviles, siempre y cuando el producto se pretenda comercializar bajo el nombre de compost o sus sinónimos. Esta norma no se aplica al compost producido a partir de residuos provenientes de bosques nativos o áreas silvestres bajo protección o manejo, ni a los provenientes de residuos orgánicos peligrosos o infecciosos, definidos por la Autoridad Competente. Esta norma se aplica al producto nacional e importado (NCh2880, 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación

El estudio de caracterización del compost se realizó en la planta de compostaje del proyecto: Recuperación de suelos degradados mediante la reforestación en 30 comunidades del distrito de Luyando provincia de Leoncio Prado – región Huánuco, la misma que se encuentra ubicada en el caserío de Marona, el área pertenece a la municipalidad distrital de Padre Felipe Luyando “Naranjillo” y se encuentra ubicado políticamente en la República del Perú, región Huánuco, provincia Leoncio Prado, distrito Rupa Rupa.

3.1.2. Clima

El clima característico de este ámbito es el tropical, con temperaturas medias que oscilan alrededor de los 25.54 °C, precipitación 3714 mm, humedad relativa 83 %, datos correspondientes al año 2017. En caso de la precipitación, se observó que en el mes de noviembre alcanzó su mayor volumen mensual, mientras que para el mes de julio solo llovió 25.8 mm; en caso de la temperatura medio mensual, se tiene que la mayor temperatura se registró en el mes de octubre con un valor de 26.15 °C, mientras que en los meses de enero, febrero, marzo y agosto se reportaron menores promedios de

temperatura con valores de 24.6 °C, 25.25 °C, 25.2 °C y 24.85 °C respectivamente (SENAMHI, 2018).

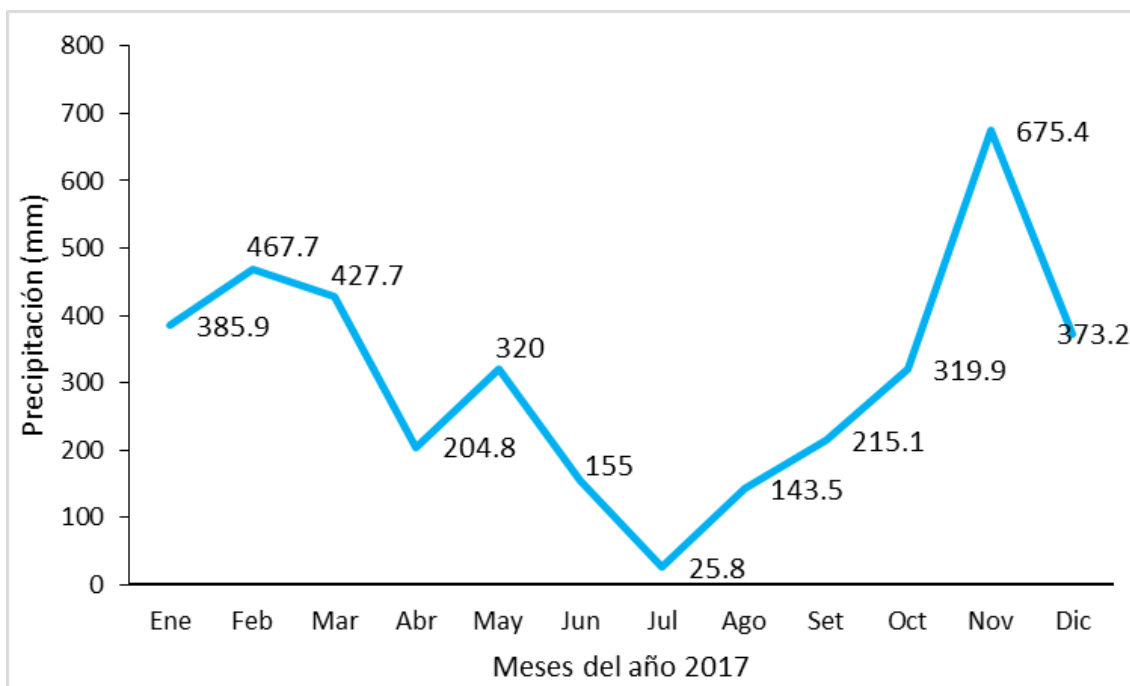


Figura 1. Comportamiento de la precipitación mensual en Tingo María.

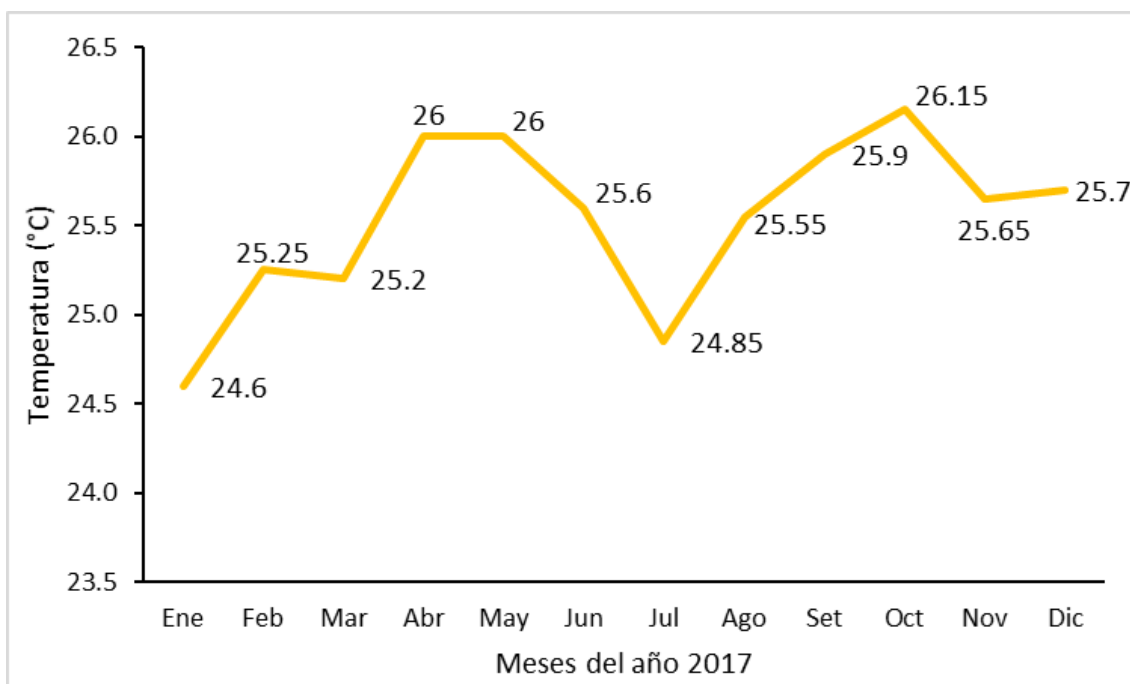


Figura 2. Comportamiento de la temperatura media en Tingo María.

3.1.3. Zona de vida

En el caserío de Marona la mayoría de la población tienen plantaciones de cacao a través de los proyectos alternativos, las parcelas son carentes o se encuentran en pocas concentraciones de materia orgánica. El presente trabajo de investigación sobre la caracterización del compost buscó determinar la calidad que presenta y que posteriormente se pueda ofrecer como abono de calidad a la población de productores de cacao.

3.1.4. Características de la producción del compost

El compost considerado en el estudio se realizó empleando como materiales e insumos en base a 4 m³ de compost a producir, las dimensiones de la pila que se elaboró fueron de 1.5 de altura (y), 1.5 de ancho (x), 2.2 de largo (z) aproximadamente. Siendo estos:

- 10 sacos de aserrín
- 10 kg de roca fosfórica
- 06 sacos de estiércol de vacuno
- 02 sacos de ceniza
- 02 sacos de mantillo de bosque.
- 10 kg de melaza de caña
- Agua para humedecer la mezcla
- 10 sacos de residuos vegetales picados

- 10 kg de guano de isla
- 30 L. de microorganismos eficientes (M.E.)
- 20 L. de jugo de cacao (mucílago) o aguas mieles de café.

Para la preparación los residuos se apilan por capas, siendo ello lo siguientes:

- Primera capa; en donde se riega cinco sacos de aserrín de manera uniforme con la finalidad de formar la cama.
- Segunda capa; en donde se riega los residuos vegetales picados como pseudotallo de plátano, cáscara de cacao, hojas de leguminosas entre otros, se añade agua luego la melaza de caña el jugo de cacao o las aguas mieles en caso de contar con ello.
- Tercera capa; se riega encima tres sacos de estiércol de ganado vacuno, se añade agua, seguido la melaza de caña y luego jugo de cacao o aguas mieles de café.
- Cuarta capa; en ello se esparce un saco de ceniza sobre el estiércol más un saco de mantillo de bosque, agua para humedecer los componentes, la melaza de caña y el jugo de cacao o las aguas mieles de café.

Finalmente, se le adiciona 15 L de microorganismos eficientes más agua y 5 L de melaza de caña; posterior a ello se adiciona los macronutrientes N-P-K que provendrán del 5 kg de guano de las islas, 5 kg de roca fosfórica y

10 kg de cloruro de potasio. Después de la cuarta capa, repetir nuevamente la disposición de las capas, tapar la mezcla con hojas de plátano o plástico (DEVIDA, 2017).

En actividades de mantenimiento se considera controlar la humedad y la temperatura, a los 10 días se debe voltear la mezcla nuevamente y se le adiciona agua si es que lo requiere, se observa el calentamiento de la pila introduciendo un machete al centro de la misma y sacándole luego, en caso de estar húmedo y caliente el nivel es bueno, si esta húmedo y frío se debe dejar la mezcla abierto entre 3 a 5 días para que se evapore el agua y en caso de encontrarse seco se debe agregar agua. Pasado los 45 días de iniciado el compostaje, ya se encuentra listo el producto para ser utilizado.

3.2. Materiales y equipos

Se utilizó los RSO denominado compost del caserío de Marona, balanza, costal, herramientas de trabajo (palas, rastrillo, bolsas, etc.); materiales y/o equipos para la colecta de datos (tablero, cámara fotográfica, etc.), también se consideró el uso de guantes, mascarilla, bolsas con etiquetas, plumón indeleble, un receptor GPS.

3.3. Generalidades de la investigación

Debido a que en el estudio se realizó mediciones planeadas, se le catalogó a la investigación de “tipo prospectivo” (SUPO, 2014), motivo por el

cual se utilizó datos que se obtuvieron de las muestras del compost, datos que se obtuvieron mediante mediciones en donde el tesista ha tenido la participación directa (datos primarios), es decir, que se obtuvo después de su planeación con fines directamente enfocadas para el estudio (PAVÓN y GOGEASCOECHEA, 2010).

Considerando los aspectos mencionados por HERNÁNDEZ *et al.* (2014), el presente estudio corresponde al “nivel descriptivo” debido a que se identificó y describió las características físicas, químicas y biológicas del compost con la finalidad de otorgarle una catalogación del producto producido a partir de los residuos sólidos orgánicos en la planta de compostaje, es decir no hubo manipulación deliberada de ninguna variable en estudio.

Concerniente al proceso de desarrollo del estudio, estuvo enmarcado en el “método inductivo” ya que utilizó los resultados de las muestras analizadas para posteriormente llegar a conclusiones del total de los productos que se producen en la planta de compostaje, ya que se inició de lo específico a lo general (BERNAL, 2010); vale decir, que primero se inició con el estudio en particular de cada una de las características físicas, químicas y biológicas del producto final (compost) consideradas en el estudio, para luego llegar a conclusiones respecto a la calidad del compost producido en la planta de compostaje.

3.4. Metodología

3.4.1. Procedimiento de recolección de muestras

Para la determinación de las características físicas, químicas y biológica del compost, los ensayos se realizaron siguiendo lo recomendado por SADZAWKA *et al.* (2005) en donde indican que se debe proceder en base a los métodos establecidos en el manual de laboratorio preparado por la Comisión de Normalización y Acreditación de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo sobre métodos de análisis de compost y la determinación de las propiedades físicas, químicas y biológicas, indicados en la Norma Chilena Oficial NCh 2880.

Las muestras estuvieron conformadas por 15 kg del compost en estudio por cada pila (pila o ruma producido en un determinado tiempo), las mismas que fueron tomadas en base a las consideraciones determinadas en el a Norma Chilena Oficial NCh 2880 como lo indica SADZAWKA *et al.* (2005). La obtención de la muestra se realizó siguiendo el Método de Prueba para el Examen de Compostaje y Compost (TMECC 02.01) recomendada por la Norma Chilena 2880, que consistió en extraer 20 submuestras representativas de aproximadamente 1.33 kg cada una, esta cantidad de sub unidades de análisis serán tomadas de cada pila en estudio (tres pilas en estudio).

El tipo de muestreo fue no probabilístico, para ello los puntos de muestreo se situaron equidistantes de manera horizontal y verticalmente a un distanciamiento de 60 cm, de modo que, para todas las alturas y profundidades de la pila, se trataron de tener la misma oportunidad de quedar representadas (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014).

La técnica de muestreo que se siguió para las sub-muestras superficiales para ello se extrajo las sub-muestras de compost a través de hoyos en forma de cuña con el apoyo de una pala. Para la parte más alta de la pila se consideró 3 niveles para el muestreo (superior, medio e inferior) y para los lados laterales se determinó dos niveles (superior e inferior) los mismos que se situaron tomando en consideración los puntos cardinales de este a oeste y de norte a sur. Las 20 sub-muestras obtenidas por cada pila, fueron homogeneizadas y en base al método del cuarteo sugerido por el MINISTERIO DEL AMBIENTE (2013) se procedió hasta obtener la muestra de 15 kg. Luego, se dividió y las muestras obtenidas fueron enviadas al laboratorio de la Facultad de Agronomía.

3.4.2. Fase laboratorio

3.4.2.1. Determinación de las características físicas

Tamaño de partículas (granulometría)

Para determinar el tamaño de partículas del compost se consideró dos porciones (repeticiones) del compost en estudio de 3.0 kg proveniente de la muestra principal (15 kg). Luego se colocó a una bolsa de papel y se puso a secar en estufa a una temperatura de 70 ± 5 °C hasta obtener un peso constante. Seguidamente se procedió a su tamizado transfiriéndose aproximadamente 300 g de compost a un tamiz con orificios de un diámetro de 30 mm, y se agitó durante 1 minuto.

Este procedimiento se repitió hasta tamizar toda la porción de muestra. Luego se pesó la fracción menor a 30 mm. Lo propio se realizó para el tamizado con los tamices de número 16 y 10 mm de luz. Finalmente se calculó las proporciones del tamaño de partículas que fueron expresados en porcentaje respecto al peso total.

Contenido de humedad

Fue determinado por el laboratorio de análisis de suelos de la Facultad de Agronomía.

Materias inertes

Para las materias inertes se utilizó submuestras de 300 g (por cada repetición de compost) de la muestra de compost que se utilizó para determinar la granulometría. Posteriormente se procedió al tamizado por un tamiz con orificios de 5 mm de diámetro, agitándose manualmente por un tiempo de 5 minutos. Luego las materias inertes que quedaron en el tamiz, se colocaron a un recipiente de plástico. Luego se procedió a buscar los siguientes componentes: plásticos flexibles, piedras y terrones de barro y vidrios, metales, caucho y plásticos rígidos, dichos componentes no fueron encontrados en ninguna repetición.

Presencia de semillas germinables de malezas

Se utilizó una porción de muestra de 8 kg de compost proveniente de la muestra principal (15 kg) y se colocó en envases de plástico en razón de 2 kilos/envase y se obtuvo 4 repeticiones para determinar el número de

semillas germinadas. En seguida se incubó en una cámara de germinación a 20 °C y humedad controlada por siete días.

3.4.2.2. Determinación de las características químicas

Los ensayos de los parámetros químicos se realizaron en el laboratorio de análisis de suelos de la Facultad de Agronomía, siendo los indicadores considerados los siguientes:

- Nitrógeno expresado en %.
- Fósforo expresado en %.
- Potasio expresado en %.
- Calcio expresado en %.
- Magnesio expresado en %.
- Materia orgánica expresado en %.
- pH expresado en la escala 0-14.
- Conductividad eléctrica expresado en Ds/m.
- Relación C/N registrado como valor adimensional.
- Madurez expresada en un intervalo <30.

3.4.2.3. Determinación de las características biológicas

Para los análisis biológicos, se determinó específicamente la presencia o ausencia de coliformes fecales y *Salmonella* sp. en las muestras de compost, se realizará en el Laboratorio de Microbiología de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

En caso de coliformes totales se utilizó el método del número más probable que reporta LÓPEZ (2017), en donde se utilizó una muestra orgánica de 250 g, del cual se cogió 10 g y se añadió en 90 ml de caldo peptona (10^{-1}), luego se extrajo 1 ml de dicha dilución para pasarlo a un tubo de ensayo con 9 ml de caldo lactosa bilis verde brillante (brila) y tubitos de Durham invertidos (10^{-2}), dicha actividad se repitió dos veces más hasta alcanzar la concentración de 10^{-4} (prueba presuntiva), dichas soluciones se llevó entre 35 a 37 °C por 48 horas, se verificó la producción de gas en los Durham cada 24 horas y se determinó el Índice NMP de la tabla y se calculó por 100 ml con la fórmula:

$$\text{NMP}/100 \text{ ml} = (\text{índice NMP (tabla)} \times \text{dilución intermedia})/100$$

La “prueba confirmada” consistió en utilizar nueve tubos de ensayo con 9 ml de caldo lactosado con tubitos Durham invertidos, se tomó una asada de los tubos Brila positivos a gas y se repicó en caldo lactosa, se llevó a incubación entre 35 a 37 °C por 48 horas y se determinó el NMP para confirmar el índice encontrado. En caso de la “prueba completada”, los tubos positivos se sembraron en medio sólido EMB, se llevó a incubación a 37 °C por 24 horas y

en caso de observar la presencia de colonias lactosa positivas fueron los coliformes.

Para el caso de los coliformes termotolerantes se prosiguió la misma metodología, lo diferente ocurrió en la prueba confirmada se utilizó caldo EC (*E. coli*) y para el caso de la prueba complementada, se sigue el proceso y a las 24 horas se observan las colonias lactosa positiva con brillo metálico, los cuales fueron replicados en medios del IMViC y TSI; los resultados fueron Indol + ó -, RM+, VP-, Cit-, TSI/A gas + H₂S-, siendo *Escherichia coli* (LÓPEZ, 2017).

Para el caso de la *Salmonella* sp. se utilizó 25 g de la muestra orgánica y se homogenizó en 225 ml de caldo peptona, se llevó a incubar a 37 °C por 24 horas en caldo peptona al 1%, luego se sacó dos muestras de 10 ml que fueron mezclados uno en 100 ml de caldo tetrionato y el segundo en caldo cistina-selenito, estos fueron incubados entre 42 – 43 °C por 48 horas hasta verificar el desarrollo, después de ello, se sembró con anza en placas con agar verde brillante con rojo fenol (VBRF) por duplicado, se dejó incubar por 24 horas a 37 °C y posteriormente se utilizó *Salmonella shigella* (SS). En agar VBRF las salmonellas dan colonias lactosa negativas y por lo tanto son incoloras a veces rosas a rojo, traslúcidas a veces opacas.

3.4.3. Fase de gabinete

3.4.3.1. Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos

Las clasificaciones de los datos se expresaron en términos numéricos, lo cual lo categoriza como datos cuantitativos; posteriormente se realizó el registro de los datos en un formato digital (Ms Excel 2010). Para el análisis de datos se utilizó la estadística descriptiva (media aritmética, error estándar de la media, coeficiente de variación) para describir las características físicas, químicas y biológicas del compost y posteriormente con ello se determinó su calidad. La contrastación de las hipótesis, se realizó mediante la prueba t para una muestra (seis repeticiones), en donde la mayoría de las hipótesis fueron a una sola cola debido a que se contrastaran con los valores permisibles de las características físicas, químicas y biológicas encontrados en la norma chilena 2880, en donde la toma de decisión se realizó en base al valor-p o significancia estadística.

IV. RESULTADOS

4.1. Calidad física del compost a partir de RSO en el caserío de Marona

Considerando el tamaño de las partículas del compost a partir de residuos orgánico, la calidad a la que pertenece es de clase A, de manera similar para los plásticos flexibles, piedras y terrones, el vidrio, metal, caucho y plástico rígido, además en caso de la presencia de semillas germinables, no se reportó germinación alguna. En caso de la humedad, las muestras presentaron menores valores a lo indicado por la norma chilena (Cuadro 2).

Cuadro 2. Calidad de las muestras de compost según sus características físicas.

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	NCH
Tamaño de partículas	3	0	0	0	A
Humedad	3	22.81	24.00	23.65	I
Plásticos flexibles	3	0.00	0.00	0.00	A
Piedras y terrones	3	0.00	0.00	0.00	A
Vidrio, metal, caucho y plástico rígido	3	0	0	0	A
Presencia de semillas germinables	4	0.00	0.00	0.00	A

N: cantidad de repeticiones; I: Inferior; NCH: Norma chilena 2880.

4.2. Calidad química del compost a partir de RSO en el caserío de Marona

4.2.1. Propiedades químicas del compost

El contenido de nitrógeno en las muestras de compost obtuvo una media poblacional que fluctuó entre 1.31 hasta 1.79%; además, las muestras fueron muy homogéneas debido a que el coeficiente de variación fue 13.66% (Cuadro 3).

El contenido de P_2O_5 en el compost de residuos sólidos orgánicos registró mayor variabilidad en las tres muestras analizadas, dichos resultados no fueron muy homogéneas, debido a que el coeficiente de variabilidad alcanzó un valor de 20.95%.

La cantidad de potasio fluctuó entre 4.53 a 5.65%, mientras que la materia orgánica obtuvo valores de la media poblacional de 38.43% hasta el 51.99%.

Los contenidos de magnesio en dichas muestras registraron una media poblacional que fluctuó desde 0.48 hasta 0.50% y en caso de este elemento se encontró que las repeticiones otorgaron valores muy similares situándose el coeficiente de variación en 2.04%.

El pH de las muestras de compost fue alcalino, reflejándose en los valores que fluctúan entre 8.22 y 8.54, además dichos resultados fueron muy homogéneos ubicándose el coeficiente de variación en 1.66% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros de las propiedades químicas encontrados en el compost muestreado en %.

VARIABLES	N	Mínimo	Máximo	Media \pm EE	CV	L. inf.	L. sup.
N	3	1.31	1.70	1.55 \pm 0.12	13.66	1.31	1.79
P ₂ O ₅	3	1.10	1.57	1.27 \pm 0.15	20.95	0.97	1.57
K	3	4.61	5.60	5.09 \pm 0.29	9.73	4.53	5.65
Ca	3	1.48	1.95	1.65 \pm 0.15	15.61	1.36	1.95
Mg	3	0.48	0.50	0.49 \pm 0.01	2.04	0.48	0.50
MO	3	39.88	51.69	45.21 \pm 3.46	13.25	38.43	51.99
pH	3	8.22	8.47	8.38 \pm 0.08	1.66	8.22	8.54
CE	3	7.15	8.08	7.54 \pm 0.28	6.38	7.00	8.09
C/N	3	11.73	16.81	14.73 \pm 1.54	18.08	11.72	17.75
Madurez	3	11.73	16.81	14.73 \pm 1.54	18.08	11.72	17.75
Na	3	0.12	0.13	0.12 \pm 0.005	6.35	0.11	0.13

N: cantidad de muestras; EE: Error estándar de la media; CV: coeficiente de variación; L.: Límite del intervalo a un 95% de confiabilidad.

De acuerdo a los niveles de nitrógeno, a la relación carbono/nitrógeno, la madurez y el sodio, el compost se categoriza como calidad A, mientras en caso del contenido de la materia orgánica y la conductividad eléctrica dicha muestra orgánica se categoriza como un compost de clase B, mientras que el pH y el P₂O₅ sobrepasan los límites (Cuadro 4).

Cuadro 4. Contrastación de hipótesis de las propiedades químicas encontradas en el compost muestreado.

Propiedades	t	GL	Sig.	Límites	Hipótesis	Descripción
N	6.149	2	0.0127*	≥0.8	H ₁ : μ _m ≥ μ _p	A
P ₂ O ₅	7.614	2	0.9916 ^{ns}	≤0.1	H ₀ : μ _m > μ _p	S A y/o B
K				NC		
Ca				NC		
Mg				NC		
BS-MO	0.061	2	0.4785 ^{ns}	≥45	H ₀ : μ _m < μ _p	S A
BS-MO	5.845	2	0.0140*	≥25	H ₁ : μ _m ≥ μ _p	B
pH	42.140	2	0.0003*	[5 - 7]	H ₁ : μ _m > μ _p	S A y/o B
pH	10.971	2	0.9959 ^{ns}	[5 - 7]	H ₀ : μ _m ≥ μ _p	
CE	9.153	2	0.9883 ^{ns}	≤5	H ₀ : μ _m > μ _p	S A
CE	9.153	2	0.006*	5 a 12	H ₁ : μ _m > μ _p	B
CE	-16.039	2	0.002*	5 a 12	H ₁ : μ _m ≤ μ _p	
C/N	3.077	2	0.0457*	[10 a 25]	H ₁ : μ _m ≥ μ _p	A
C/N	-6.674	2	0.0109*	[10 a 25]	H ₁ : μ _m ≤ μ _p	
Madurez	3.077	2	0.0457*	[10 a 25]	H ₁ : μ _m ≥ μ _p	A
Madurez	-6.674	2	0.0109*	[10 a 25]	H ₁ : μ _m ≤ μ _p	
Na	-194.489	2	<0.001*	<1	H ₁ : μ _m < μ _p	A

Sig.: Significancia unilateral. ns: no existe diferencias estadísticas significativas; *: existe diferencias estadísticas significativas; NC: no cuenta la Norma; S: sobrepasa los límites permisibles; A, B son las clases de compost.

4.2.2. Metales pesados en el compost

El contenido de cadmio en las muestras de compost procedentes de residuos sólidos orgánicos registró un mínimo de 2.96 ppm y un máximo de 4.23 ppm, de los cuales se deduce que a un 95% de confiabilidad la media poblacional (μ) de toda la pila muestreada obtiene entre 2.77 a 4.25 ppm de dicho metal pesado, a pesar de ello las muestras no fueron muy homogéneas debido a que el coeficiente de variación obtenido fue 18.63% (Cuadro 5).

En caso del hierro en las muestras de compost fue el metal pesado que presentó mayor homogeneidad en las repeticiones debido a que el coeficiente de variación fue 2.27 ppm (Cuadro 5).

Cuadro 5. Parámetros del contenido de metales pesados (ppm) encontrados en el compost muestreado.

VARIABLES	N	Mínimo	Máximo	Media \pm EE	CV	L. inf.	L. sup.
Cd	3	2.96	4.23	3.51 \pm 0.38	18.63	2.77	4.25
Pb	3	31.00	46.00	38.67 \pm 4.33	19.41	30.17	47.16
Cu	3	57.00	80.00	66.67 \pm 6.89	17.90	53.17	80.17
Fe	3	1233.00	1290.00	1263.33 \pm 16.56	2.27	1230.88	1295.78
Zn	3	129.00	158.00	140.33 \pm 8.95	11.05	122.79	157.88
Mn	3	347.00	515.00	446.67 \pm 50.97	19.76	346.78	546.56

N: cantidad de muestras; EE: Error estándar de la media; CV: coeficiente de variación; L.: Límite del intervalo a un 95% de confiabilidad.

En la contrastación de hipótesis se tiene que el cadmio contenido en las muestras de compost sobrepasa los límites considerados por la norma chilena 2880 para poder clasificarlos como calidad A o B, además, sobrepasa el límite para utilizarlos en agricultura orgánica (Cuadro 6).

El contenido de plomo, cobre y zinc no sobrepasan los límites permisibles, motivo por el cual el compost en base a estos metales pesados se cataloga como de clase A (Cuadro 6).

Cuadro 6. Contrastación de hipótesis del contenido de metales pesados encontrados en el compost muestreado.

Metales pesados	t	GL	Sig.	Límites	Hipótesis	Descripción
Cd	3.995	2	0.9713 ^{ns}	≤2	H ₀ : $\mu_m > \mu_p$	S A y/o B
Cd	6.647	2	0.9891 ^{ns}	≤1	H ₀ : $\mu_m > \mu_p$	S AO
Pb	-14.154	2	0.0025*	≤100	H ₁ : $\mu_m \leq \mu_p$	A
Pb	-2.615	2	0.0602 ^{ns}	≤50	H ₀ : $\mu_m > \mu_p$	S AO
Cu	-4.839	2	0.0201*	≤100	H ₁ : $\mu_m \leq \mu_p$	A
Cu	2.420	2	0.9317 ^{ns}	≤50	H ₀ : $\mu_m > \mu_p$	S AO
Zn	-6.666	2	0.0109*	≤200	H ₁ : $\mu_m \leq \mu_p$	A
Zn	8.975	2	0.9939 ^{ns}	≤60	H ₀ : $\mu_m > \mu_p$	S AO

Sig.: Significancia unilateral. ns: no existe diferencias estadísticas significativas; *: existe diferencias estadísticas significativas; S: sobrepasa los límites permisibles; AO: Agricultura orgánica; A, B son las clases de compost.

4.3. Calidad biológica del compost a partir de RSO en el caserío de Marona

Se reportó que las muestras de compost presentaron microorganismos aerobios viables, fungi y actinomicetos, el cual según la norma chilena no lo considera como componentes de calidad, mientras que en base a los Coliformes fecales y a *Salmonella* sp. no se reportó presencia alguna, motivo por el cual el compost es de clase A (Cuadro 7).

Cuadro 7. Calidad de compost muestreado según sus características microbiológicas (en UFC/g).

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	CV	NCH 2880
MAV	3	98000.00	184000.00	136666.67	31.94	----
Fungi	3	2000.00	2000.00	2000.00	0.00	----
Actinomicetos	3	288000.00	424000.00	346666.67	20.16	----
Coliformes fecales	3	0.00	0.00	0.00 ± 0.00	----	A
<i>Salmonella</i> sp.	3	0.00	0.00	0.00 ± 0.00	----	A

MAV: Microorganismos aerobios viables; CV: Coeficiente de variación; NCH: Norma Chilena; A: es la clase de compost.

V. DISCUSIÓN

5.1. De la calidad física del compost a partir de RSO en el caserío de Marona

No se encontró partícula alguna que quedara en el tamiz, el cual es una característica muy favorable para el compost que cumplirá su función luego de aplicarlos a un suelo con problemas de textura, al respecto ABAD y NOGUERA (1998) resaltan que las propiedades físicas del compost son de gran importancia porque cuando se aplican y las plantas están creciendo en él, la capacidad del usuario para intervenir en la modificación de las propiedades físicas es prácticamente nula. Aplicar un producto con textura fina y poco gruesa propicia aumento en la capacidad de retención de agua, debido a que las partículas pequeñas ocupan los sitios vacíos que quedan entre las partículas grandes (ANSORENA, 1994).

De acuerdo a la textura el compost pasó en todas las medidas de los tamices, se puede utilizar en viveros con la finalidad de modificar la textura de los sustratos, ya que NOGUERA *et al.* (2003) señalan que las partículas con un diámetro de 0.5 mm ocasionan cambios en las propiedades físicas del sustrato. La granulometría de un compost determina el espacio del poro, densidad aparente, el aire y capacidad de retención de agua (BURÉS, 1997).

La humedad promedio del compost fue 23.65 %, inferior a lo reportado por CEMPRE (1998), que resalta en cuanto a la humedad óptima del compost acabado debe estar alrededor del 30%, no debiendo pasar para uso agrícola del 40%; en caso de la norma chilena 2880, resalta que para calificarlo a un compost en base a su humedad no debe ser inferior al 25%, esta variación pudo atribuirse a que las muestras fueron secadas indirectamente o perdieron humedad por evaporación antes de ser llevadas al laboratorio.

No se reportaron plásticos flexibles, piedras y terrones, vidrio, metal, caucho y plástico rígido y no hubo la presencia de semillas germinables, con ello, la norma chilena 2880 indica que en un buen compost no se permiten impurezas de un tamaño mayor a 15 mm.

5.2. De la calidad química del compost a partir de RSO en el caserío de Marona

La materia orgánica obtenida en las muestras de compost fue 45.21%, según la norma chilena 2880, se cataloga como un producto de clase B ya que dicha norma señala que los valores $\geq 25\%$ se ubican en esta clase. Para MADRID *et al.* (2001), el contenido de materia orgánica del compost es variable, debido a que puede mejorarse con la recogida selectiva, siendo el mejor camino para conseguir un mayor contenido orgánico, y una variabilidad menor de este parámetro; asimismo, NOGALES (1993) señala que, los contenidos de materia orgánica en los composts presentan habitualmente amplios márgenes de variación (20 - 60%).

El contenido de nitrógeno fue 1.55%, esto lo cataloga al compost como un producto de calidad A según la norma chilena 2880, y en caso del fósforo fue muy elevado el promedio (1.27%), esto debió ocurrir debido a que durante el proceso de compostaje aplicaron el abono orgánico guano de islas y roca fosfórica (DEVIDA, 2017). A pesar de ello, MARTÍNEZ *et al.* (2011) señalan que, el contenido en nutrientes en el compost como N, P y K tiene una gran variabilidad, ya que depende de los materiales de origen.

EL pH del compost en estudio fue muy elevado (8.38), este valor superó al rango de [5 a 7] señalado por la norma chilena 2880, es por ello que dicho producto fue muy alcalino y ello tiene una gran influencia en muchas de sus propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo o sustratos orgánicos (JARAMILLO, 2002). CHÁVEZ (2015) reportó valores de pH en promedio muy similares con valores de 8.24 y 7.72 para Tingo María y Aucayacu.

La presencia de un contenido elevado de cadmio en las muestras (la media fue 3.51 ppm), y superó los límites permisibles de la norma chilena 2880, esto debido a que en la preparación del compost se utilizó la roca fosfórica y esta enmienda posee elevados contenidos de dicho metal pesado, por otro lado, GALLARDO (2013) caracterizó el compost producido a partir de residuos domésticos urbanos degradables encontrando valores inferiores a 0.03 ppm en las comunidades de Agani, comunidad de Chucapaca y comunidad Corire; en caso de VARGAS (2016) realizó estudios donde el valor fue 0.26 mg/kg en la provincia de Concepción donde se hizo compost de residuos orgánicos municipales.

5.3. De la calidad biológica del compost a partir de RSO en el caserío de Marona

No se reportó presencia de *Coliformes fecales* ni *Salmonella* sp. en las muestras del compost, motivo por el cual y en base a la norma chilena 2880 se cataloga al producto de clase A; según FERNÁNDEZ *et al.* (2004), el compost es considerado como un alimento para la cadena trófica del suelo, como una “siembra” promotora de la actividad biológica de los microorganismos del suelo, como un sustrato con propiedades de control de enfermedades de las plantas cultivadas. En suma, el compost puede constituir un excelente factor de producción en los agroecosistemas y un excelente factor de protección y conservación de los suelos.

VI. CONCLUSIONES

1. Considerando la calidad física, el compost es de calidad A, a pesar de presentar inferior contenido de humedad en base a la Norma chilena 2880.
2. Teniendo en consideración las propiedades químicas del compost, es de calidad A.
3. Considerando las propiedades biológicas, en base a la norma chilena 2880 se tiene que el compost es de calidad A.
4. De manera general se concluye que, en base a los 19 indicadores de calidad, el compost pertenece a la clase A.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios experimentales donde se utilice diferentes niveles de compost con la finalidad de mejorar las propiedades de los suelos degradados debido a que no se puede utilizar en la agricultura orgánica por su elevado contenido de cadmio.
2. Utilizar el compost en estudio en la fase de vivero para la producción de plántones forestales ya que dicho producto mejora las propiedades de los sustratos.
3. Emplear el compost, del estudio, en las labores de jardinería para los diferentes municipios y asentamientos humanos con la finalidad de mantener las áreas verdes.

VIII. ABSTRACT

The farmhouse of Marona has a composting plant which offers products that do not present reports of their nutritional content to the people who purchase them and there are still no studies that guarantee the quality of the compost, which is why the study was carried out with the objective of determining the quality of compost produced from RSO received by the composting plant located in the Marona farmhouse, the study was carried out in the composting plant of the project Recovery of degraded soils through reforestation in 30 communities of the district of Luyando province of Leoncio Prado - Huanuco region. The compost sampling of three piles was carried out using the quartering method and the physical, chemical and biological properties were analyzed; said results were compared with the Chilean norm 2880. As a result it was obtained that based on the physical properties, the compost was of quality A, based on the chemical properties of the compost it belongs to quality A, but it can not be used in organic agriculture because the cadmium content was higher to the permissible limits and in case of the biological properties, the compost is of quality A due to the absence of fecal coliforms and *Salmonella* sp. It is concluded that the compost in a 68.42% belongs to class A considering the size of particles, flexible plastics, stones and

clods, glass, metal, rubber and rigid plastic, presence of germinable seeds, N, C/N, Maturity, Na, Pb, Cu, Zn, fecal coliforms and *Salmonella* sp.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, M., y NOGUERA, P. 1998. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: Cadahía. C. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Madrid, España, Mundi Prensa.
- ANSORENA, J. 1994. Sustratos: propiedades y caracterización. Madrid, España, Mundi-Prensa.
- ANSORENA, J., BATALLA, E., MERINO, D. M., MORENO, A. 2011. La gestión de los biorresiduos en el marco de la legislación comunitaria y (III). Ejemplo de compost en condiciones ambientales seguras. En Residuos: Revista técnica. 21(123):18-31.
- ARCA, M. 1970. Manejo de suelos. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- BELLAPART, C. 1996. Nueva agricultura biológica en equilibrio con la agricultura química. Barcelona, España, Mundi-Prensa. 298 p.
- BOLLO, E. 1999. Lombricultura, una alternativa de reciclaje. Barcelona, España, Mundi-Prensa. 150 p.
- BORDEN, G. W., DEVITT, D.A., MORRIS, R. L., ROBINSON, M. L., LOPEZ, J. 2004. Residential assessment and perception toward biosolids compost use in an urban setting. En Compost Science & Utilization, 12(1), 48-54.

- BURÉS, S. 1997. Sustratos. Madrid, España, Agrotécnicas S.L.
- CASTALDI, P., ALBERTI, G., MERELLA, R., MELIS P. 2005. Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of compost maturity. *En Waste Management*. 25(1):209-213.
- CHÁVEZ, P. 2015. Caracterización fisicoquímica y madurez del compost de las ciudades de Tingo María y Aucayacu mediante test de autocalentamiento. Informe final. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- CHEN, J.H., WU, J.T., HUANG, W.T. 2001. Effects of compost on the availability of nitrogen and phosphorus in strongly acidic soils. Taiwan.
- COMPROMISO EMPRESARIAL PARA EL RECICLAJE. 1998. Residuos sólidos urbanos. Manual de gestión integral. Montevideo, Uruguay.
- DEVIDA. 2017. Producción de abonos orgánicos (biofertilizantes y compost). Proyecto recuperación de suelos degradados mediante la reforestación en 30 comunidades del distrito Luyando, provincia Leoncio Prado – Huánuco. Luyando, Perú. 11 p. Boletín Técnico N° 1.
- FERNÁNDEZ, R.M., GÓMEZ, J.M., ESTRADA, I.B. 2004. Compost legislation: sanitation vs Biological quality. I International Conference Soil and Compost Eco-Biology. p. 167-183.

- GALLARDO, K. P. 2013. Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana. Tesis Mag. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- GUERRERO, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Bilbao, España, Mundi-Prensa. 206 p.
- HADAR, Y., MANDELBAUM, R. 1992. Suppressive compost for biocontrol of soilborne plant pathogens. *Phytoparasitica*. 20:S113-S116.
- HARTWIGSEN, J., EVANS, M.R. 2000. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. *Hort. Science*. 35(7):1231-1233.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, M.P. 2014. Metodología de la investigación. 6 ed. México, McGraw-Hill. 600 p.
- HOITINK, H.A.J., INBAR, Y., BOEHM, M.J. 1991. Status of compost amended-potting mixes naturally suppressive to soilborne diseases of floricultural crops. *Plant Dis*. 75:869-873.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida in: Serie de Libros y Materiales Educativos, San José, Costa Rica.
- HUERTA, O., MARTÍNEZ, X., GALLART, M., SOLIVA, M., y LÓPEZ, M. 2010. El uso de compost de residuos sólidos municipales como enmienda orgánica: aportaciones de diferentes componentes según origen. En Jornadas de la Red Española de Compostaje. "Compostaje de Residuos Orgánicos y Seguridad Medioambiental". Barcelona, España, UPC.

- IWEGBUE, A., EMUH, N., ISIRIMAH, O., EGUN, C. 2007. Fraccionamiento y caracterización de metales pesados en el compost y suelos con enmiendas de compost. En *Biotechnology*. 6(2):67-78.
- JARAMILLO, D. 2002. *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia.
- KIEHL, F. J. 1985. *Fertilizantes orgánicos*. São Paulo, Brasil, Agronômica Ceres Ltda.
- LANDEROS, F. 1993. *Monografía de los ácidos húmicos y fúlvicos*. Tesis Ing. Agrónomo. Quillota, Chile. Universidad Católica de Valparaíso. 145 p.
- LÓPEZ, X. 2011. *Caracterización de compostas derivadas de residuos orgánicos enfocadas a su uso como sustratos*. Tesis Mag. Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, México.
- LÓPEZ, C.S. 2017. *Protocolos de prácticas en microbiología*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 9 p.
- MADRID, F., MURILLO, J. M., LOPEZ, R., CABRERA, F. 2000. Use of urea to correct immature composts for agricultural purposes. En *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 31(15-16):2635-2649.
- MADRID, F., LÓPEZ, R., CABRERA, F., Y MURILLO J. 2001. Caracterización de los composts de residuos sólidos urbanos de la planta de Villarrasa (Huelva). Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. En

Investigación Agraria (Producción y Protección Vegetales). 16(1):105-117.

MARTÍNEZ, M., GUTIÉRREZ, V., y NOVO, R. 2011. Microbiología aplicada al manejo sustentable de suelos y cultivos. Valparaíso, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María. 235 p.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. 2013. Diagnóstico de los Residuos Sólidos en el Perú. Lima, Perú: MINAM.

NCh2880. 2003. Compost - Clasificación y requisitos. 27 p. [En línea]: Ingeachile, (<http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCh2880.pdf>, 10 documentos, 10 Feb. 2019).

NOGALES, R. 1993. Efecto residual de los composts de RSU sobre el sistema suelo-planta: curso sobre tratamiento de residuos urbanos. Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.

NORMA CHILENA OFICIAL. 2005. Compost - Clasificación y Requisitos. Norma NCh 2880. Santiago, Chile.

NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL. 2011. Requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el Distrito Federal. México: Norma NADF 020.

NOGUERA, P., ABAD, M., PUCHADES, R., MAQUIEIRA, A., NOGUERA, V. 2003. Influence of particle size on physical and chemical properties of

coconut coir dust as container medium. En *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 34(3-4):593-605.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. 1999. Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos. OPS/HEP/HES/ URU/02, OPS.

ROCA, F., PAZ, G., VIDAL, V. 2008. Análisis de propiedades físicas y químicas del suelo tras la adición de compost procedente de RSU. VIII congreso de SEAE. Coruña, España, Universidad de la Coruña.

ROJAS, C. s.f. Disponibilidad del fósforo y su corrección. Santiago, Chile, La Platina.

SADZAWKA, A., CARRASCO, M.A., GREZ, R., MORA, M.D.L. 2005. Métodos de análisis de compost. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Manual de laboratorio.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2018. Boletín hidroclimático regional (meses enero – diciembre); Dirección Zonal 10. Huánuco, Perú, SENAMHI. s.p.

SOLIVA, M., GIRO, F., MANZANO, S. 1993. Nitrogen lost during MSW composting at two facilities in Spain. En *Compost Science & Utilization*. 1(4):23-26.

SCHLEISS, K. 2004. Enfoques para un mercado relacionado con las evaluaciones de los beneficios del uso de compost. Aschaffenburg, Alemania.

- SOTO, M.G. 2003. Abonos orgánicos: El proceso de compostaje. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 27 p.
- TAN, K.H., NOPAMOMBODI, V. 1979. Effect of different levels of Humic acids on nutrient content and growth of corn (*Zea mays*). Plant and soil. 51:283-287.
- TISDALE, S.L., NELSON, W. 1966. Soil Fertility and Fertilizers. 2 ed. Macmillan Company. New Cork, Estados Unidos. 694 p.
- TOMATI, U., MADEJON, E., GALLI, E. 2000. Evolution of humic acid molecular weight as an index of compost stability. Compost science & utilization. 8(2):108-115.
- TRADE CORP. 2001. Informe Técnico Humistar. España.
- URIBE, L. 2003. Taller de abonos Orgánicos/CATIE. San José, Costa Rica. 10 p.
- VARGAS, Y. 2016. Análisis especial: compost. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 1 p.
- VÁSQUEZ, P., VARGAS, Y., y TORPOCO, D. 2014. Propuesta de implementación de tecnologías de control de lixivios y emisiones de gases al medio ambiente en el Centro Ecoturístico y de Protección Ambiental “Santa Cruz”, distrito de Concepción, provincia de Concepción. Perú

ZUCCONI, F., De BERTOLDI, M. 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In: De Bertoldi, M., Ferranti, M. P., L'Hermite, M. P. and Zucconi, F., Eds., Compost, Production, Quality and Use, Elsevier, London.

ANEXO

Cuadro 8. Operacionalización de las variables.

Variables de caracterización	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Características físicas	Tamaño de partículas	mm	Continua
	Materia inerte	mm	Continua
	Contenido de humedad	%	Continua
	Presencia de semillas	%	Continua
Características químicas	Nitrógeno	%	Continua
	Fósforo	%	Continua
	Potasio	%	Continua
	Calcio	%	Continua
	Magnesio	%	Continua
	Materia orgánica	%	Continua
	pH	0-14	Continua
	Conductividad eléctrica	Ds/m	Continua
	Relación C/N	Adimensional	Continua
	Madurez	<30	Continua
Características microbiológicas	Coliformes fecales	NMP	Continua
	Salmonella sp.	NMP	Continua
Variable de interés	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Calidad de compost	Clase de compost	A, B y C	Categórica ordinal

Anexo A: Datos registrados

Cuadro 9. Análisis granulométrico para la muestra 1.

Tamiz	Peso retenido (g)	Parcial retenido (%)	A. retenido (%)	A. pasando (%)
N° 1/4	10.8	3.60	3.6	96.40
N° 4	41.6	13.87	17.5	82.53
N° 8	54.9	18.30	35.8	64.23
N° 10	7.5	2.50	38.3	61.73
N° 16	32.25	10.75	49.0	50.98
Platillo	152.95	50.98	100.0	0.00

A.: Acumulado.

Cuadro 10. Análisis granulométrico para la muestra 2.

Tamiz	Peso retenido (g)	Parcial retenido (%)	A. retenido (%)	A. pasando (%)
N° 1/4	46.94	15.65	15.65	84.35
N° 4	27.56	9.19	24.83	75.17
N° 8	8.1	2.70	27.53	72.47
N° 10	21.4	7.13	34.67	65.33
N° 16	17.5	5.83	40.50	59.50
Platillo	178.5	59.50	100.00	0.00

A.: Acumulado.

Cuadro 11. Análisis granulométrico para la muestra 3.

Tamiz	Peso retenido (g)	Parcial retenido (%)	A. retenido (%)	A. pasando (%)
N° 1/4	8.1	2.70	2.70	97.30
N° 4	7.94	2.65	5.35	94.65
N° 8	29.42	9.81	15.15	84.85
N° 10	35.4	11.80	26.95	73.05
N° 16	35.2	11.73	38.69	61.31
Platillo	183.94	61.31	100.00	0.00

A.: Acumulado.

Anexo B: Panel fotográfico



Figura 3. Planta de compostaje.



Figura 4. Recogiendo RSO (restos de cacao) en la comunidad de Marona para la realización del compost en la planta de compostaje.



Figura 5. Insumos para realizar compost en la planta de compostaje.



Figura 6. Realizando labores de picar y cortar los restos de RSO (troncos de plátano).



Figura 7. Mezclando los RSO con la pala.



Figura 8. Residuo sólido orgánico mezclado.



Figura 9. Determinando la temperatura del compost en la planta de compostaje.



Figura 10. Midiendo la temperatura de otra pila de compost en la planta de compostaje.



Figura 11. PH-METROPORTATIL HI99121 para determinar parámetros físicos, químicos del compost.

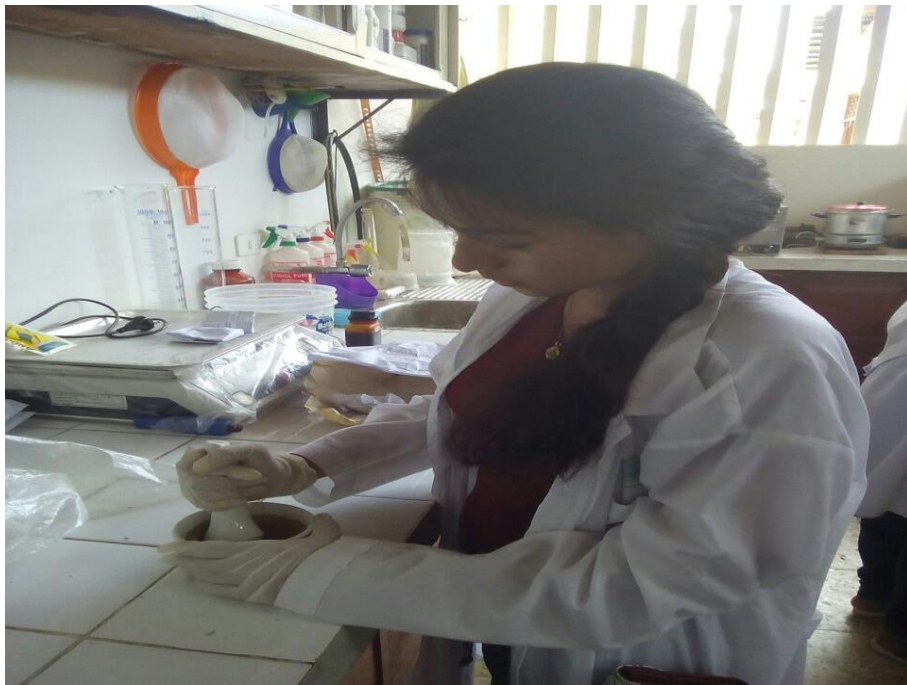


Figura 12. Preparación de la muestra de compost para el análisis microbiológico.



Figura 13. Muestra de compost pesado.

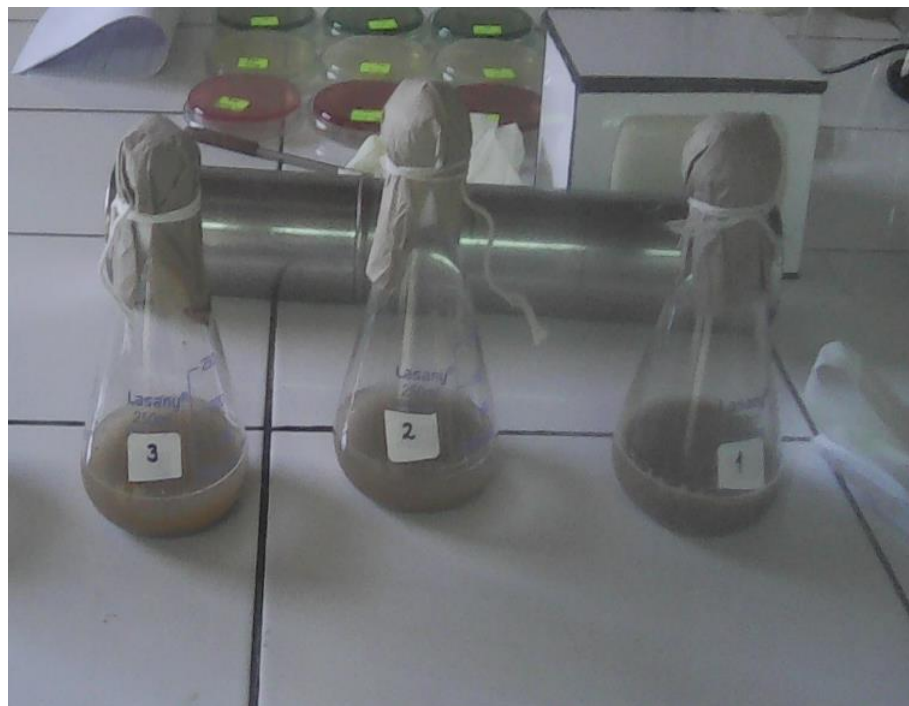


Figura 14. muestra de compost añadido en caldo peptonado.



Figura 15. Realizando siembra con anza en placas con agar VBRF.



Figura 16. Para coliformes termotolerantes realizando la lectura de la diferenciación bioquímica.

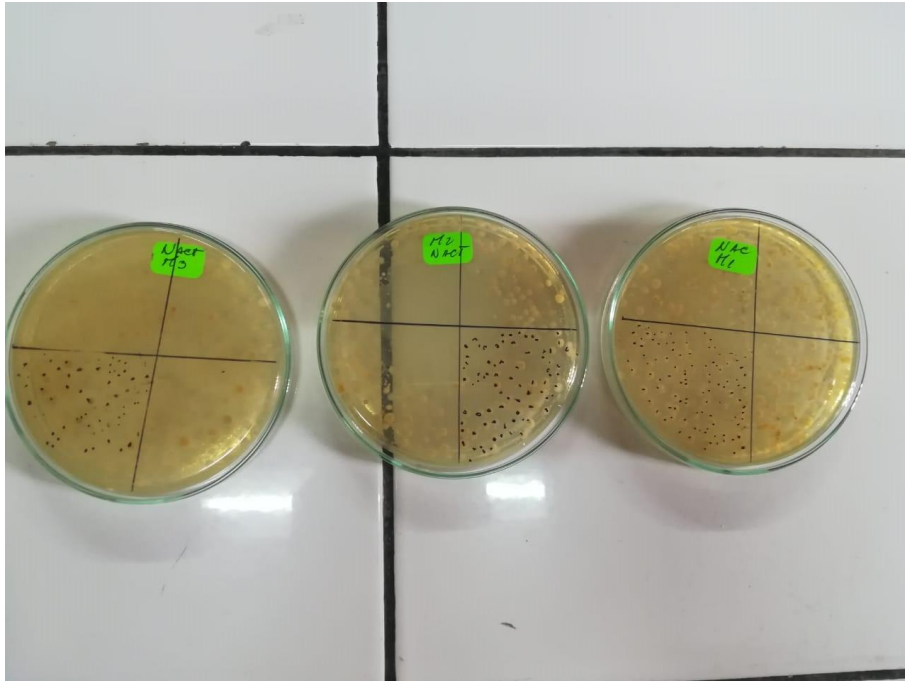


Figura 17. Enumeración de actinomicetos en las 3 muestras.



Figura 18. Selección de muestra de compost para el análisis de semillas viables.



Figura 19. Cámara de germinación.



Figura 20. Compost para el análisis de semillas viables.



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Servicio de Diagnóstico Microbiológico

Recibo N° 0548468

Muestra N° 1 : COMPOST
Procedencia : MARONA - LUYANDO - LEONCIO PRADO
Atención : JUAN DE DIOS HUACHO MARÍA DIANA
Fecha recepción : 17 de julio del 2018
Análisis solicitados :
 - Enumeración Microorganismos Aerobios Viables
 - Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
 - Enumeración de Actinomicetos
 - Coliformes totales
 - Coliformes Termotolerantes (*E.coli*)
 - Investigación de Salmonella
 - Investigación de Vibrión cholerae

RESULTADOS:

Determinación	Resultado	Valor referencial
- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables	128 x 10 ³ UFC/g	3 – 7 x 10 ³ m.o./g
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	2 x 10 ³ UFC/g	1 – 3 x 10 ³ m.o./g
- Enumeración de Actinomicetos	424 x 10 ³ UFC/g	2 – 3 x 10 ³ m.o./g
- Numero Mas Probable de Coliformes Totales	Ausencia	Ausencia
- Número Más Probable Coliformes Termotolerantes	Ausencia	Ausencia
- Investigación de Salmonella	Ausencia/25 g	Ausencia/25 g
- Investigación Vibrión cholerae	Ausencia	Ausencia

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número elevado de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), actinomicetos y bajo número de fungi (hongos).



Tingo María, 17 de agosto del 2018

Ing. MSc. Franklin Dionisio Montalvo
Jefe (e) Laboratorio Microbiología

Figura 21. Diagnóstico microbiológico de la primera muestra de compost.



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Servicio de Diagnóstico Microbiológico

Recibo N° 0548468

Muestra N° 2 : COMPOST
Procedencia : MARONA - LUYANDO - LEONCIO PRADO
Atención : JUAN DE DIOS HUACHO MARÍA DIANA
Fecha recepción : 17 de julio del 2018
Análisis solicitados :
 - Enumeración Microorganismos Aerobios Viables
 - Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
 - Enumeración de Actinomicetos
 - Coliformes totales
 - Coliformes Termotolerantes (*E.coli*)
 - Investigación de Salmonella
 - Investigación de Vibrión cholerae

RESULTADOS:

Determinación	Resultado	Valor referencial
- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables	98 x 10 ³ UFC/g	3 – 7 x 10 ³ m.o./g
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	2 x 10 ³ UFC/g	1 – 3 x 10 ³ m.o./g
- Enumeración de Actinomicetos	328 x 10 ³ UFC/g	2 – 3 x 10 ³ m.o./g
- Numero Mas Probable de Coliformes Totales	Ausencia	Ausencia
- Número Más Probable Coliformes Termotolerantes	Ausencia	Ausencia
- Investigación de Salmonella	Ausencia/25 g	Ausencia/25 g
- Investigación Vibrión cholerae	Ausencia	Ausencia

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número moderado de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), un alto número de actinomicetos y bajo número de fungi (hongos).

Tingo María, 17 de agosto del 2018



Ing. MSc. Franklin Dionisio Montalvo
Jefe (e) Laboratorio Microbiología

Figura 22. Diagnóstico microbiológico de la segunda muestra de compost.



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Servicio de Diagnóstico Microbiológico

Recibo N° 0548468

Muestra N° 3 : COMPOST
Procedencia : MARONA - LUYANDO - LEONCIO PRADO
Atención : JUAN DE DIOS HUACHO MARÍA DIANA
Fecha recepción : 17 de julio del 2018
Análisis solicitados :
 - Enumeración Microorganismos Aerobios Viables
 - Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)
 - Enumeración de Actinomicetos
 - Coliformes totales
 - Coliformes Termotolerantes (*E.coli*)
 - Investigación de Salmonella
 - Investigación de Vibrión cholerae

RESULTADOS:

Determinación	Resultado	Valor referencial
- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables	184 x 10 ³ UFC/g	3 – 7 x 10 ³ m.o./g
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	2 x 10 ³ UFC/g	1 – 3 x 10 ³ m.o./g
- Enumeración de Actinomicetos	288 x 10 ³ UFC/g	2 – 3 x 10 ³ m.o./g
- Numero Mas Probable de Coliformes Totales	Ausencia	Ausencia
- Número Más Probable Coliformes Termotolerantes	Ausencia	Ausencia
- Investigación de Salmonella	Ausencia/25 g	Ausencia/25 g
- Investigación Vibrión cholerae	Ausencia	Ausencia

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número elevado de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), actinomicetos y bajo número de fungi (hongos)

Tingo María, 17 de agosto del 2018



Ing. MSc. Franklin Dionisio Montalvo
Jefe (e) Laboratorio Microbiología

Figura 23. Diagnóstico microbiológico de la tercera muestra de compost.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología

Av. Universitaria s/n Telef. (062) 562342 - Celular 941531359 Aptdo. 156
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:		MARIA JUAN DE DIOS HUACHO		PROCEDENCIA:		NARANJILLO													
DATOS DE LA MUESTRA		ANÁLISIS FÍSICO		ANÁLISIS PROXIMAL						RESULTADOS EN BASE SECA									
Código	tipo	PH	EN BASE HUMEDA		EN BASE SECA		PORCENTAJE (%)												
			Humedad Hd (%)	MATERIA SECA	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)	Cd ppm	Pb ppm	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm	
M0563	COMPOST 1	8.45	24.00	30.31	45.69	39.88	60.12	1.70	1.572	1.95	0.49	5.07	0.119	4.23	46	57	1233	158	478
M0564	COMPOST 2	8.22	4.15	42.23	53.62	44.06	55.94	1.31	1.124	1.48	0.48	4.61	0.118	3.33	39	63	1290	129	347
M0565	COMPOST 3	8.47	2.81	50.23	46.96	51.69	48.31	1.65	1.102	1.53	0.50	5.60	0.132	2.96	31	80	1267	134	515

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

TINGO MARIA, 16 DE JUNIO DEL 2018

RECIBO N° 0546124



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAB. ANALISIS DE SUELOS

[Firma]
 Ing. José G. Manabita Mijangos
 JEFE



