

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Efecto del compost de residuos orgánicos y estiércol vacuno en suelo franco arenoso de la Asociación Vivienda La Bloquetera - Villa María del Triunfo

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Por:

Leonor Alayda Barrientos Ramos

Damaris Elizabeth Rojas Cabrera

Asesor

Dr. Matos Chamorro Rodrigo Alfredo

Lima, junio de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Dr. Alfredo Matos Chamarro, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura / Escuela Profesional de Ingeniería de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“EFECTO DEL COMPOST DE RESIDUOS ORGANICOS Y ESTIERCOL VACUNO EN SUELO FRANCO ARENOSO DE LA ASOCIACION VIVIENDA LA BLOTERA – VILLA MARIA DEL TRIUNFO”*** constituye la memoria que presenta las **Bachilleres Damaris Elizabeth Cabrera Rojas y Leonor Alayda Barrientos Ramos** para aspirar al título de Profesional de **Ingeniero Ambiental** ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en *Lima*, a los *04 días del mes de septiembre* del año 2020.



Dr. Alfredo Matos Chamarro

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Naña, Villa Unión, a los..16 días día(s) del mes de..junio..del año 2020.... siendolas 11:00 horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga. , el secretario: Mg. Joel Hugo Fernández Rojas.. y los demás miembros: Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio ... y Ing. Nancy Curasi Rafael, el asesor Dr. Rodrigo Alfredo Matos Chamorro, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: " Efecto del compost de residuos orgánicos y estiércol vacuno en suelo franco arenoso de la Asociación Vivienda La Bloquetera - Villa María del Triunfo".

de el(los)/la(las) bachiller(es): a) **DAMARIS ELIZABETH ROJAS CABRERA** Y b) **LEONOR ALAYDA BARRIENTOS RAMOS**conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **DAMARIS ELIZABETH ROJAS CABRERA**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	Muy Bueno	Sobresaliente

Candidato (b): **LEONOR ALAYDA BARRIENTOS RAMOS**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	19	A	Excelente	Excelencia

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente



Secretario

Asesor

Miembro

Miembro

DEDICATORIA

A Dios por darnos conocimientos y perseverancia para realizar el proceso de investigación de tesis. A nuestras madres *Humberta Ramos* y *Edit Cabrera* por ser el principal cimiento para la construcción de nuestra vida profesional y por su esfuerzo y apoyo incondicionalmente en la parte moral y espiritual. A nuestra alma mater por forjarnos con disciplina y exigencia constantemente para alcanzar nuestros objetivos.

A todas las personas que hicieron lo necesario para realizar esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por los conocimientos y la oportunidad de vivir, guiar nuestros caminos, fortalecer nuestras mentes y haber puesto personas que hicieron posible el desarrollo de la presente investigación.

A nuestras familias por su apoyo y motivación para la culminación del presente trabajo de investigación.

A nuestro asesor de tesis Dr. Alfredo Matos, que con su paciencia y asesoría se logró la culminación de la presente investigación.

A nuestros docentes por la confianza y los valores inculcados durante nuestra formación profesional.

A la Universidad Peruana Unión, que nos dio la oportunidad de formarnos como profesionales.

A la Asociación Vivienda Bloquetera, en especial al presidente de la Asociación por el apoyo brindado para la ejecución de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	13
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	17
PROBLEMA.....	15
1.1 Identificación del Problema.....	15
1.2 Justificación de la Investigación.....	17
1.3 Preposición Filosófica.....	17
1.4 Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo General.....	18
1.4.2 Objetivos Específicos.....	18
CAPÍTULO II.....	21
REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1 Suelo.....	19
2.2 Formación del Suelo.....	20
2.3 Clasificación de Suelos.....	20
2.4 Funciones de la Población Biológica del Suelo.....	22
2.5 Requerimientos para que un suelo sea productivo.....	23
2.5.1 Propiedades Físicas.....	23
2.5.2 Propiedades Químicas.....	28
2.6 Degradación de Suelos.....	32
2.7 Necesidades de Mejorar las propiedades del Suelo.....	34
2.8 Métodos para mejorar las propiedades del Suelo.....	34
2.9 Fertilización de Suelos con Enmiendas Orgánicas.....	35
2.10 Enmiendas Orgánicas empleadas.....	37
2.10.1 Estiércol.....	38
2.10.2 Propiedades del Estiércol para compost.....	38
2.10.3 Tipos de residuos de Estiércol.....	39
2.10.3.1 Estiércol Vacuno.....	40
2.10.4 Residuos Sólidos.....	41
2.10.5 Clasificación de Residuos Sólidos.....	43

2.10.5.1	Residuos Orgánicos.....	43
2.10.5.2	Tipos de Residuos Orgánicos.....	44
2.10.5.3	Propiedades de los Residuos Orgánicos.....	46
2.10.5.4	Aserrín.....	46
2.10.5.5	Tierra de Chacra.....	47
2.11	Proceso de Compostaje.....	48
2.11.1	Compostaje.....	48
2.11.1.1	Ventajas del Compost.....	48
2.11.1.2	Desventajas del Compost.....	49
2.11.2	Etapas del Compostaje.....	49
2.11.3	Factores que intervienen en el Proceso.....	50
2.11.4	Técnicas de Compostaje.....	52
2.12	Métodos para determinar las propiedades físico-químicas del Suelo.....	57
2.12.1	Análisis físico.....	57
2.12.1.1	Determinación de la Textura del Suelo.....	57
2.12.1.2	Determinación de la densidad aparente del Suelo.....	59
2.12.1.3	Determinación de la densidad real del Suelo.....	59
2.12.1.4	Determinación de la Humedad del Suelo.....	60
2.12.1.5	Determinación de la porosidad del Suelo.....	60
2.12.1.5	Determinación del color del Suelo.....	61
2.12.2	Análisis Químico.....	61
2.12.2.1	Determinación del pH del Suelo.....	61
2.12.2.2	Determinación de la Conductividad Eléctrica.....	62
2.12.2.3	Determinación de la Materia Orgánica.....	62
2.12.2.4	Determinación del Nitrógeno total (N).....	63
2.12.2.5	Determinación del Fósforo aprovechable (P).....	63
2.12.2.6	Determinación del Potasio disponible (K).....	64
2.13	Antecedentes.....	64

CAPÍTULO III.....	71
MATERIALES Y MÉTODOS	71
3.1 Lugar de Ejecución	71
3.2 Materia Prima.....	73
3.3 Materiales, Equipos e Insumos	73
3.4 Tipo de Investigación.....	74
3.5 Variables de estudio	74
3.5.1 Variables Independientes	74
3.5.2 Variable Dependiente.....	75
3.6 Metodología Experimental.....	75
3.7 Planteamiento de la Investigación.....	77
3.8 Análisis Estadístico	88
CAPÍTULO IV.....	90
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	90
4.1 Análisis Físico-químico del Suelo (Pre y Post).....	90
4.2 Evaluación del efecto de los tipos de compost y Dosis sobre las propiedades físico-químico del suelo.....	92
CAPÍTULO V.....	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	115
5.1 Conclusiones	115
5.2 Recomendaciones.....	116
REFERENCIAS.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tipos de suelos y texturas de acuerdo a la clasificación americana.....	24
Tabla 2.	Valores de densidad aparente y crecimiento radicular en función a la textura.....	25
Tabla 3.	Clasificación de la densidad aparente en los suelos.....	26
Tabla 4.	Clasificación de la densidad real de los suelos	26
Tabla 5.	Clasificación de la porosidad del suelo.....	27
Tabla 6.	Clasificación de rangos de humedad en el suelo.....	27
Tabla 7.	Clasificación de Suelos por su pH	28
Tabla 8.	Clasificación de Suelos por su Conductividad Eléctrica.....	29
Tabla 9.	Contenido de Materia Orgánica en Suelos agrícolas.....	30
Tabla 10.	Disponibilidad de Fósforo en el suelo.....	30
Tabla 11.	Disponibilidad de Nitrógeno en Suelos.....	31
Tabla 12.	Disponibilidad de Potasio en el Suelo.....	31
Tabla 13.	Composición de enmiendas orgánicas según el tipo de materia prima.....	36
Tabla 14.	Tipos de Enmiendas elaborados a partir de Residuos Orgánicos.....	37
Tabla 15.	Características de diferentes Estiércoles en función a las propiedades físico-químicas.....	40
Tabla 16.	Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios en América Latina y el caribe.....	42
Tabla 17.	Relación de C/N de desechos biodegradables.....	52
Tabla 18.	Ventajas y desventajas de los sistemas en compost.....	57
Tabla 19.	Porcentaje de uso de materia a utilizar en el Compostaje.....	71
Tabla 20.	Ubicación geográfica de los puntos de Muestreo del Suelo (Pre Análisis)....	76

Tabla 21.	Dosis y tipo de compost empleados en suelo.....	84
Tabla 22.	Ubicación geográfica de los Puntos de Muestreo del Suelo (Post Análisis)...	85
Tabla 23.	Metodología de análisis para las determinaciones físicas y químicas del suelo.....	85
Tabla 24.	Diseño Factorial 2 ²	87
Tabla 25.	Análisis Físico- Químico de los compost.....	89
Tabla 26.	Análisis físico – Químico pre y post del suelo.....	90
Tabla 27.	Distribución de repeticiones de acuerdo al Diseño Factorial 2 ²	91
Tabla 28.	Análisis de Varianza – ANOVA de Conductividad Eléctrica.....	92
Tabla 29.	Análisis de Varianza – ANOVA de Potencial Hidrogeno (pH).....	94
Tabla 30.	Análisis de Varianza – ANOVA de la Humedad.....	97
Tabla 31.	Análisis de Varianza – ANOVA de la Porosidad.....	99
Tabla 32.	Análisis de Varianza – ANOVA de la Densidad Aparente.....	101
Tabla 33.	Análisis de Varianza – ANOVA de la Densidad Real.....	103
Tabla 34.	Análisis de Varianza – ANOVA del Fósforo.....	105
Tabla 35.	Análisis de Varianza – ANOVA del Nitrógeno.....	107
Tabla 36.	Análisis de Varianza – ANOVA de Potasio.....	109
Tabla 37.	Análisis de Varianza – ANOVA de la Materia Orgánica.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Clasificación Soel Survey Staff.....	21
Figura 2.	Principales tipos de degradación del suelo.....	33
Figura 3.	Efectos de la adición de materia orgánica en el suelo.....	35
Figura 4.	Aserrín triturado.....	47
Figura 5.	Tierra de Chacra.....	48
Figura 6.	Sistema de pilas con volteo.....	54
Figura 7.	Sistema estático con aireación forzada.....	56
Figura 8.	Diagrama triangular para la denominación de los suelos según la textura.....	58
Figura 9.	Tabla Munsell.....	61
Figura 10.	Ubicación geográfica del lugar de Ejecución del proyecto.....	69
Figura 11.	Ubicación geográfica del área de estudio.....	70
Figura 12.	Proceso del Trabajo de Investigación.....	74
Figura 13.	Dimensiones de las Pilas de Compostaje.....	77
Figura 14.	Relación de C/N de estiércol de vaca y residuos orgánicos domésticos.....	78
Figura 15.	Relación de C/N de aserrín y Residuos Orgánicos domésticos.....	78
Figura 16.	Diseño de la Conformación de la primera pila de compostaje.....	78
Figura 17.	Diseño de la Conformación de la segunda pila de compostaje.....	79
Figura 18.	Pila de Compostaje.....	80
Figura 19.	Medición de la temperatura en las pilas de compostaje.....	81
Figura 20.	Medición de la temperatura en las pilas de compostaje.....	81
Figura 21.	División para el muestreo de compost.....	82
Figura 22.	Muestras de compost de residuos domésticos y estiércol de vaca.....	83

Figura 23.	Suelo utilizado para la fertilización con la dosis y tipo de compost incorporado	84
Figura 24.	Análisis de la Reducción del efecto en la Conductividad eléctrica del suelo ..	93
Figura 25.	Análisis de la Reducción del efecto en el Potencial de Hidrogeno del suelo.....	96
Figura 26.	Análisis del efecto en la humedad del suelo.....	98
Figura 27.	Análisis del efecto en la porosidad del suelo.....	100
Figura 28.	Análisis del efecto en la densidad aparente del suelo.....	102
Figura 29.	Análisis del efecto en la densidad real del suelo.....	104
Figura 30.	Análisis del efecto de compost sobre el Fósforo del suelo.....	106
Figura 31.	Análisis del efecto de compost sobre el Nitrógeno del suelo.....	118
Figura 32.	Análisis del efecto de compost sobre el potasio del suelo.....	110
Figura 33.	Análisis del efecto de compost sobre la materia orgánica del suelo.....	112
Figura 34	Análisis del efecto de compost sobre la Textura del suelo.....	114

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Carta de autorización para acceder al área de estudio.....	141
Anexo 2. Informes de Laboratorio del Pre Análisis de los Parámetros Físico-químico del Suelo estudio.....	142
Anexo 3. Informes de Laboratorio de Análisis de los compost.....	144
Anexo 4. Informes de Laboratorio de Análisis de los Parámetros físico-químico del suelo.....	145
Anexo 5. Fotos de Muestreo inicial y final, Elaboración de la enmienda orgánicas y seguimiento del estudio.....	156
Anexo 6. Especies vegetativas resistentes a la CE que podrían ser utilizadas de acuerdo a los resultados del presente estudio.....	159

Símbolos Usados

VMT: Villa María del Triunfo.

WRB: Base Referencial Mundial del Recurso Suelo.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

IGAC.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

INT: Instituto Nacional Tecnológico.

MINAN: Ministerio del Ambiente

CNUMAD: Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.

pH: Potencial Hidrógeno.

C:N o C/N: Relación de Carbono y Nitrógeno.

Da: Densidad aparente.

Dr: Densidad real.

P: Porosidad.

M.O.: Materia Orgánica.

CE: Conductividad Eléctrica.

Hd: Humedad.

N: Nitrógeno.

F: Fósforo.

K: Potasio.

Fr. A.: Franco Arenoso.

OH-: Hidroxilio.

H+: Hidrógeno.

ppm: Partículas por millón.

CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico.

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto del compost a base de residuos orgánico vegetal y estiércol vacuno sobre las propiedades físico-químicas del suelo franco arenoso. El estudio experimental se ejecutó en la Asociación Vivienda la Bloquera – VMT. Los ensayos fueron distribuidos de acuerdo al diseño experimental factorial 2^2 , para analizar los resultados de las propiedades físico-químicas del suelo como textura, color, densidad aparente (D_a), densidad real (D_r), porosidad (P), pH, Materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE), humedad (H), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); fueron evaluados 2 tratamientos orgánicos de residuos frescos vegetales de las viviendas y estiércol vacuno con un periodo de 3 meses de descomposición. Se tomaron las mediciones, antes de la dosificación y después de 30 días de aplicación. Los resultados obtenidos indican que hubo diferencias significativas al 5% en las características físico-químicas del suelo entre los compost y dosis de 10 y 20 kg, consiguiendo mejoras entre 0.05 a 4.44 % respecto al incremento de materia orgánica, de 0.01 a 0.28 ppm en nitrógeno, de 190 a 3893 ppm en potasio, de 0.60 a 124.07 ppm en fósforo, de 1.86 a 31.72 % en humedad y de 42.8 a 49.93 % en porosidad; mientras en el pH, Conductividad eléctrica (CE), densidad aparente (D_a) y Densidad real (D_r) redujeron entre 8.10 a 7.65 respecto a pH, de 12.5 a 4.73 ds/m en conductividad eléctrica, 1.55 a 1.27 g/cm³ en densidad aparente y de 2.71 a 2.46 g/cm³ en densidad real.

Los compost independientemente a la dosis aplicada tienen efectos positivos en las propiedades físico-químicas del suelo franco arenoso en tan solo 30 días de incorporación, a diferencia de la materia orgánica.

Palabras clave: compost, Residuos orgánicos, estiércol vacuno, propiedades físicas y químicas, suelo.

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of evaluating the effect of compost based on organic vegetable residues and cattle manure on the physicochemical properties of sandy loam. The experimental study was executed in the Association Housing the Bloquetera - VMT. The tests were distributed according to the experimental factorial design 22, to analyze the results of the physical-chemical properties of the soil such as texture, color, apparent density (Da), real density (Dr), porosity (P), pH, organic matter (MO), electrical conductivity (EC), humidity (H), nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K); 2 organic treatments of fresh vegetable residues of the houses and cattle manure were evaluated with a period of 3 months of decomposition. Measurements were taken, before dosing and after 30 days of application. The results obtained indicate that there were significant differences at 5% in the physical-chemical characteristics of the soil between the compost and doses of 10 and 20 kg, achieving improvements between 0.05 and 4.44% with respect to the increase in organic matter, from 0.01 to 0.28 ppm in nitrogen, from 190 to 3893 ppm in potassium, from 0.60 to 124.07 ppm in phosphorus, from 1.86 to 31.72% in humidity and from 42.8 to 49.93% in porosity; while in pH, electrical conductivity (EC), apparent density (Da) and real density (Dr) reduced between 8.10 to 7.65 with respect to pH, from 12.5 to 4.73 ds / m in electrical conductivity, 1.55 to 1.27 g / cc in density apparent and from 2.71 to 2.46 g / cc in real density.

Composts independently at the applied dose have positive effects on the physical-chemical properties of sandy loam in just 30 days of incorporation, unlike organic matter.

Keywords: compost, organic waste, cattle manure, physical and chemical properties, soil.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

Los suelos áridos y semiáridos degradados afectan al medio ambiente porque estos suelos tienen el riesgo de transformarse en desierto, existe en el mundo un 70% de los suelos en peligros de desertificación, un cuarto de los suelos de América Latina y el caribe son desiertos y tierras secas, el 30 y 20% de los suelos en España y Estados Unidos, se encuentran en proceso en convertirse en desierto y el 50% de los suelos en China están degradados (CNUMAD, 1992).

En las costas peruanas existen áreas sin cobertura vegetal y especies vegetales en pocas cantidades debidas por la escasez de precipitaciones, materia orgánica nula, textura arenosa y suelo salino considerados territorios árido (Ministerio del Ambiente MINAM, 2015). Así mismo, la pérdida de suelos de las zonas áridas y semiáridas dependen de las propiedades fisicoquímicas y biológicas como el contenido humedad, microorganismos, la estructura, la cobertura vegetal, la falta de conservación; y la textura del suelo franco arenosos y arcillosos encontrados en estas áreas (Montaño, 2000).

Los suelos franco arenosos están formados por un conjunto de partículas de sílice de textura moderadamente gruesa entre el rango de 0,02 – 2 mm, en comparación a otras partículas más pequeñas como es el caso de arcilla y el limo (Rodríguez, 2016), presentan baja cohesión y son frágiles frente a la acción de fuerzas mecánicas, características que pueden condicionar los mecanismos de desagregación (Taboada et al., 2010).

Los suelos franco arenosos de baja fertilidad no producen a menos que se agreguen materia orgánica o fertilizantes químicos en comparación a los suelos arenosos de escasa fertilidad, poca retención de agua y de fácil erosión (Lacasta et al., 2006); y de suelo arcilloso mal aireados, con

difícil drenaje y labranza, dificultando la germinación de semillas y la formación de cultivos (Castro, 1999).

Navarro (2015) señala que la mayoría de suelos franco arenosos son productivos cuando se maneja correctamente como el buen drenaje, con pendientes moderadas, de profundidad promedia y un contenido medio de nutrientes como materia orgánica o fertilizantes (León, 2003).

Núñez (2000) menciona que los problemas en suelos franco arenosos se agudizan debido a la falta de materia orgánica y la mala aireación provocando una mínima adhesividad (consistencia) y baja retención de humedad, debido a la rápida infiltración o velocidad con que el agua penetra por la superficie, siendo siempre mayor en suelos de textura gruesa que en suelos de textura fina como la mayoría de suelos en Lima – Perú que se caracterizan por una baja porosidad y baja retención de humedad que incurren negativamente en la productividad (Alegre, 1997).

La Asociación “La Bloquetera”, forma parte de esta situación problemática porque se encuentran suelos semiáridas en la costa peruana con limitación de crecimiento de especies vegetativas, es decir, que su recuperación no es nada sencillo, sin embargo, Según Lichtinger et al. (2000) algunas prácticas de manejo y usos de los suelos para la agricultura pueden tener impactos negativos en la calidad del suelo, como la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados y la contaminación provocada por el uso de plaguicidas. Una forma de mejorar la fertilidad del suelo es mediante la incorporación de abonos orgánicos como el compost, humus entre otros.

1.2 Justificación de la Investigación

En la Asociación Vivienda La Bloquera - Villa María del Triunfo existen dificultades de crecimiento de especies vegetales y la necesidad de los pobladores beneficiarse con áreas verdes, por lo tanto, aplicar en el suelo franco arenoso tratamientos con porcentaje de materia orgánica contribuye en la reducción de contaminación por desechos domiciliarios orgánicos expuestos en vías públicas y se fomenta la producción de compost. Así mismo, aporta nutrientes a las plantas, sin perjudicar la actividad microbiana y mejorar en las características más importantes de los suelos franco arenosos como, retención de humedad y nutrientes (Combatt et al., 2016).

La aplicación de este compost enriquecerá el suelo franco arenoso de materia orgánica y minimizará los impactos generados por los residuos sólidos orgánicos en el ambiente. Por otro lado, mejorarán la capacidad amortiguadora del suelo frente a cambios de pH, proporcionarán energía para micro biota y la micro fauna del suelo (Salamanca, 2014).

En esta investigación, el compost utilizado como indicador, es fundamental, para fomentar nuevos conocimientos en la conservación de los suelos franco arenosos y practicas al manejar adecuadamente los residuos orgánicos, generando una calidad de vida en relación con el medio ambiente.

1.3 Preposición Filosófica

Desde un enfoque cristiano, Dios al crear al hombre sobre la tierra le dio la responsabilidad de cuidarlo, como también de regenerar o recuperar los suelos para actividades agrícolas, con el apoyo de herramientas eficientes y confiables.

Como se menciona bíblicamente, la responsabilidad depende de nosotros y para que la sociedad forme parte de ello, tenemos que mejorar los recursos naturales con la capacidad de proporcionar nutrientes en cantidades adecuadas para los cultivos a sembrar.

Cumpliendo con la participación del cuidado del ambiente, se está generando en la población de Bloquetera principios de conservación ambiental, para que así los pobladores continúen con la producción de compost para mejorar los suelos y promover la conciencia ambiental en el centro de estudio.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del compost a base de residuo orgánico y estiércol vacuno sobre las propiedades físico-químicas del suelo franco arenoso de la Asociación de Vivienda la Bloquetera - Villa María del Triunfo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto del compost a base de residuos orgánicos vegetal sobre las propiedades físico-químicas del suelo franco arenoso después del tratamiento en la Asociación de vivienda la Bloquetera – Villa María del Triunfo.
- Determinar el efecto del compost a base de residuos orgánicos vegetal con estiércol vacuno sobre las propiedades físico-químicas del suelo franco arenoso después del tratamiento en la Asociación de vivienda la Bloquetera – Villa María del Triunfo.
- Comparar el efecto del compost a base de residuos orgánicos vegetal con y sin estiércol vacuno sobre las propiedades físico-químicas del suelo franco arenoso después del tratamiento en la Asociación de vivienda la Bloquetera – Villa María del Triunfo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Suelo

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1996) el suelo “es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento”.

Huachi (2008) menciona que el suelo es la fuente de vida de todo ser viviente (las plantas, los animales y humanos), y se forman por la combinación de cinco factores interactivos: material parental, clima, topografía, organismos vivos y tiempo (Duran et al., 2010).

Según Cotler et al. (2007) la definición del suelo depende del enfoque basadas en las características físicas, químicas, nutricionales, microbiológicas, de fertilidad, génesis y de la clasificación. Sin embargo, el suelo se considera como un cuerpo natural conformado de sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie del suelo.

Por otro lado, la clasificación del suelo por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1996) define por la combinación vertical de horizontes dentro de una profundidad definida, escala del relieve, mientras que la World Reference Base for Soil Resources (WRB, 2015) define como medio natural para el crecimiento de las plantas. Las principales propiedades del suelo son:

1. Formados por **minerales y constituyentes orgánicos** e incluye las fases sólidas, líquido y gaseosa.
2. Están organizados por **estructuras** que forman el aspecto morfológico de la cobertura del suelo, tal como la anatomía de un ser vivo, este estudio facilita el entendimiento de las

propiedades físicas, químicas y biológicas, permitiendo entender el pasado, presente y predecir el futuro del suelo.

3. El suelo evoluciona constantemente, **el tiempo** es considerada como una dimensión.

2.2. Formación del suelo

Se debe a un conjunto de procesos que transforma la roca madre del suelo dando inicio al proceso de meteorización o temporización, con el pasar del tiempo, el suelo es afectado por el proceso edafogénicos (Casanova et al., 2004).

El origen de la textura del suelo depende de la roca madre en proceso de desintegración obteniendo de forma natural contenido de arcilla, limo y arena, mientras, el humus depende de factores como el clima, vegetación y medio pedológico, es decir, la naturaleza y los procesos de evolución del suelo influyen en determinación de la textura del suelo (Rucks et al., 2004).

2.3. Clasificación de suelos

El objetivo de las clasificaciones de los suelos es identificar y clasificar la superficie dentro de los 2 metros en contacto de la atmósfera, no se considera los organismos vivos, áreas con hielos continuos que no estén cubiertos por otro material, y cuerpos de agua más profundas de 2 m², así mismo, aplica en suelos con roca continua, suelos con pavimentos urbano, áreas industriales, por ende, la clasificación permite una sólida identificación y descripción del suelo como soporte a distintos aspectos de uso agrícola, forestal, infraestructura, recreativo y entre otros (FAO, 2008).

Existen dos principales sistemas de clasificación de suelo en el mundo como la taxonomía de WRB (2006), ver figura 1, donde se clasifica morfonético y el sistema de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) o la base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB).

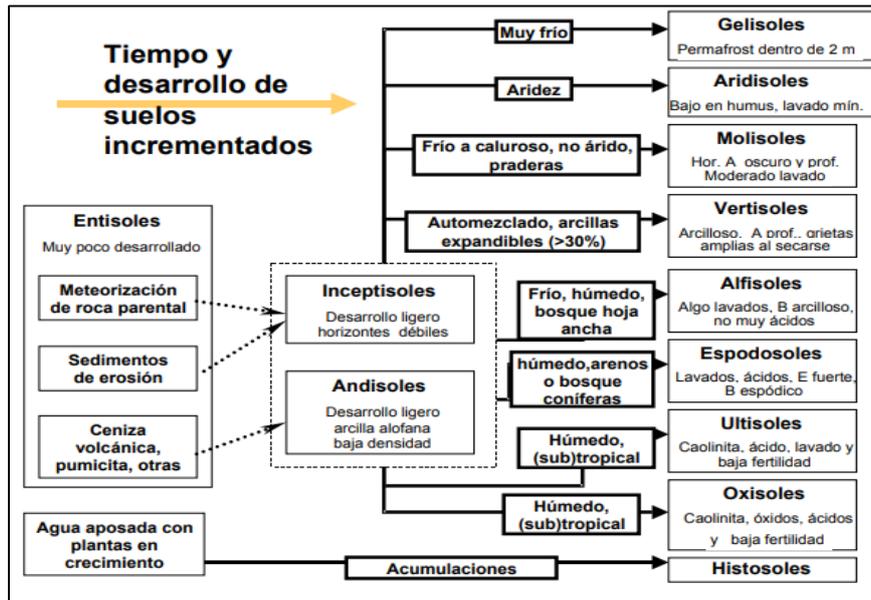


Figura 1: Clasificación Soil Survey Staff (2006)

Según World Reference Base for Soil Resources (2015), menciona que en el Perú cuenta con suelos clasificados de grandes extensiones como el Alisols y Umbrisols que están dentro de los 12 grupos u ordenes de la taxonomía del suelo como Alfisols, andisols, aridisols, entisols, gelisols, histosols, inceptisols, mollisols, oxisols, spodisols, ultisols y vertisols.

Sin embargo, Araujo (2016) clasifica los suelos de la siguiente manera:

- **Suelo Franco:** Suelo que está compuesto entre el 23 y 52% de arena, de 28 a 50% de limo y de 7 a 27% de arcilla. Este tipo de suelo se caracterizan por ser idóneos para la obtención de altos rendimientos y productividad en la agricultura (Herrera, 2015).
- **Suelo arenoso:** Son materiales visibles a la vista, su diámetro varía entre 4.75 mm a 0.075 mm, las arenas son rugosas al tacto y a consecuencia retienen pocos nutrientes, así como la capacidad para la retención hídrica (FAO, 2019).
- **Suelo arcilloso:** Material fino formado principalmente por arcilla, que tiene alta plasticidad, además de presentar un contenido de humedad moderado, su componente principal es el caolín. La arcilla está constituida por silicato de aluminio hidratado de partículas diminutas de menos de 0,005 milímetros de diámetro (Durán et al., 2010).

- **Suelo limoso:** Material fino que tiene muy poca plasticidad, al ser presionados con los dedos se desmorona.
- **Suelo franco arenoso:** Son suelos adecuados para el desarrollo de diferentes cultivos si se manejan correctamente. Este tipo de textura contiene entre un 43 a 80% de arena, de 0 a 50% de limo y de 0 a 20% de arcilla (Herrera, 2015).
- **Suelo franco arcilloso:** Son suelos que está constituido por un 40% de arcilla, 30% de arena y 30% de limo; de baja retención de agua y de rápido secado (Vallejos, 2015).
- **Suelo franco limoso:** Son suelos que presenta mayor consistencia (adhesividad y plasticidad), buen drenaje interno y buena ventilación; permitiendo la penetración del agua y retención de nutrientes (Fuentes, 2011). Además, se constituye por un 65% de limo, 20% de arena y 15% de arcilla.
- **Suelo con grava:** Materiales visibles al igual que las arenas, su diámetro varía entre a 4.75 mm a 76 mm, siendo rugosas al tacto.
- **Suelo Over:** Es un agregado natural sólido, la cual se utiliza para el mejoramiento de suelos inestables.
- **Suelo rocoso:** Material cementado que mayormente tiene baja porosidad, puede encontrarse en procesos de descomposición con sus propiedades físicas y químicas alteradas, presentan discontinuidades y su comportamiento es complejo cuando se somete a esfuerzos.

2.4. Funciones de la Población Biológica del Suelo

Vargas (2007) menciona que el suelo está constituido por:

- **Macrofauna:** Microorganismos que ayudan en la estructura del suelo, mejoran la aireación y drenaje. Aquellos que digieren y trasladan compuestos húmicos de un lugar a otro, estos animales son: miriápodos, cochinillas, insectos, caracoles, babosas, ciempiés, arácnidos.
- **Microfauna:** Los principales animales presentes en el suelo son: los nematodos, los depredadores de animales pequeños, saprofitos de la materia orgánica o parásitos en las

raíces de las plantas. Además, existen los protozoarios, los cuales se alimentan de la materia orgánica.

- **Hongos:** Se manifiestan en todas las capas del suelo, pero especialmente en las superficiales, donde la aireación es adecuada y abunda la materia orgánica, sus principales funciones son: atacar y romper las moléculas de lignina y pectatos, que forman las paredes de los vasos y las de celulosa y hemicelulosa que forma parte de las membranas celulares. Además, participan en la síntesis de humus y son capaces de solubilizar minerales.
- **Bacterias:** Microorganismos que se nutren de las proteínas y de los azúcares, son importantes porque liberan nitrógeno en forma amoniacal y posteriormente, nítrica que permite la nutrición fúngica y el crecimiento de su población. Además, son responsables de tres transformaciones enzimáticas de la materia orgánica: la oxidación del azufre, la nitrificación y la fijación del nitrógeno atmosférico. Participando en el proceso de compostaje, principalmente en la etapa termofílica.

2.5. Requerimientos para que un suelo sea productivo

Para el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2011) las propiedades de los suelos se clasifican en físicas, químicas y biológicas.

2.5.1. Propiedades Físicas

Se basan en las prácticas de manejo de los suelos, la retención de humedad, los procesos de erosión, remoción en masa y con algunos aspectos del intercambio químico. Entre ellos tenemos:

- **Color:** Es uno de los atributos fácilmente reconocibles en el suelo y una de las características más usadas en la identificación de los horizontes de los perfiles de suelos (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2011). El color tiene relación con la temperatura, la humedad, la cantidad de materia orgánica, el clima y, en muchos casos, es un indicador de la fertilidad (Durán et al., 2013). Cuanto más negro es el suelo, más productivo será, por los

beneficios de la materia orgánica y, por tanto, puede garantizar más elementos a la planta (Garrido, 2002).

- **Textura:** Expresión de la proporción relativa de los diferentes tamaños de partículas (arena, limo y arcilla) presentes en la masa del suelo (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2011). A textura ideal para un suelo productivo se le conoce como franco y contiene 40% de arena, 40% de limo y 20% de arcilla (Duran et al., 2013). El diámetro de las partículas se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: *Tipos de suelos y texturas de acuerdo a la clasificación americana*

Fracción	Relación arena-limo-arcilla (%)	Símbolo
Arenoso	90-5-5	A
Arenoso franco	80-15-5	A.Fr
Franco arenoso	65-25-10	Fr.A
Franco	40-40-20	Fr
Franco limoso	20-65-15	Fr.L
Franco arcilloso arenoso	35-35-30	Fr.Ar.A
Franco arcilloso	35-30-35	Fr.Ar
Franco arcillo limoso	10-35-55	Fr.Ar.L
Limoso	10-85-5	L
Arcillo arenoso	55-5-40	Ar.A
Arcillo limoso	5-50-45	Ar.L
Arcilloso	10-20-60	Ar

Fuente: Ciancaglini (2009).

- **Densidad:** Está comprendido por las densidades real y aparente.

- **Aparente:** Hace referencia a la relación del peso del suelo seco con el volumen total del suelo. Los suelos de textura fina, de estructura bien definidos y con alto contenido de materia orgánica presentan valores bajos de densidad aparente. Valores que oscilan entre 0.66 y 1.81 g/cm³., a diferencia de suelos de textura gruesa, poco estructurados y de bajos contenidos de materia orgánica (Rubio, 2010). Los suelos franco arenosos presentan los valores altos debido al menor contenido orgánico y a la menor actividad orgánica (Tabla 2). Por otro lado, la tabla 3 muestra la clasificación ideal de la densidad aparente en los suelos.

Tabla 2: Valores de densidad aparente y crecimiento radicular en función a la Textura

Textura	Densidades aparentes comunes (g/cm ³)	Densidades aparentes ideales (g/cm ³)	Densidades Aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular (g/cm ³)	Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular (g/cm ³)
Arena, areno-franco	1.37 - 1.48	< 1.60	1.69	>1.80
Franco-arenosa, Franco	1.35 -1.44	< 1.40	1.63	>1.80
Franco-arcilla-arenosa, franco, franco-arcillos	1.34 – 1.49	< 1.40	1.60	> 1.75
Limosa, franco-limos	1.24 – 1.54	< 1.30	1.60	> 1.75
Franco-limosa, franco arcillo-limosa	1.24 – 1.46	< 1.40	1.55	> 1.65
Arcillo-arenosa, arcillo-limosa, algunas franco-arcillosas (35-45% de arcilla)	1.34 – 1.50	< 1.10	1.39	> 1.58
Arcillosa (>45% de arcilla)	1.18 – 1.34	< 1.10	1.39	> 1.47

Fuente: USDA (1999)

Tabla 3: Clasificación de la densidad aparente en los suelos

Unidad de la Densidad Aparente (g/cm³)	Clasificación
<1.0	Muy bajo
1.0 - 1.2	Bajo
1.2 - 1.45	Medio
1.45 - 1.60	Alto
>1.60	Muy alta

Fuente: Cairo/1995, adoptado por Castillo (2005).

- **Real:** Hace referencia a la relación entre el volumen y la masa de las partículas del suelo. Fluctúan entre 2.20 y 3.2 g/cm³ y los valores más frecuentes están cercanos a 2.65 g/cm³, promedio considerado en la literatura como normal para suelos minerales. Usualmente tienden a valores más altos que la densidad aparente, se expresa en g/cm³ y se clasifican de acuerdo a la tabla 4.

Tabla 4: *Clasificación de la densidad real de los suelos*

Unidad de la Densidad Real (g/cm³)	Propiedades
<2.4	Muy bajo
2.4 - 2.60	Bajo
2.60 - 2.80	Medio
>2.80	Alto

Fuente: Cairo/1995, adoptado por Castillo (2005).

- **Porosidad:** Volumen de todos los poros (espacio abierto) que no está ocupada por fracciones sólida, mineral u orgánica y es considerado como un indicador fundamental de la capacidad de almacenar agua en el suelo (Buckman & Brady, 1970). La porosidad del suelo aceptada teóricamente fluctúa entre 45% – 65% (Hernández, 2007) y se calcula a partir de la densidad aparente y la densidad real. La tabla 5 muestra la clasificación de porosidad en el suelo.

Tabla 5: *Clasificación de la porosidad del suelo*

Porosidad (%)	Propiedades
<40	Muy bajo: Porosidad demasiado baja. Es típica de los horizontes aluviales compactados
40-45	Bajo: Porosidad no satisfactoria para la capa arable
45-55	Medio: Porosidad satisfactoria para la capa arable
55-65	Alto: Porosidad excelente. Capa arable de suelo bien cultivado
>65	Muy alta: Porosidad excesiva. Suelo esponjoso, fofo

Fuente: Hernández (2007)

- **Retención de Humedad:** Los valores de la retención de humedad constituye la reserva principal de agua disponible para las plantas, como también el medio de transporte de nutrientes (Gumuzio, 2018) y pueden variar entre 11% y 66% para suelos agrícolas. Algunos suelos como los arenosos se apartan significativamente de estos valores. En los suelos arcillosos de los bajos del plano de inundación, la humedad aprovechable es alta debido no solamente al alto contenido de arcilla, sino al tipo de mineral y la alta porosidad con dominancia de la micro porosidad. La tabla 6 muestra los rangos para la interpretación de humedad en el suelo.

Tabla 6: *Clasificación de rangos de humedad en el suelo*

Humedad (%)	Propiedades
<5	Muy bajo
5-15	Bajo
15-25	Medio
25-35	Alto
>35	Muy alta

Fuente: Ramírez (1997)

2.5.2. Propiedades Químicas

Está relacionado con los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, la presencia de elementos tóxicos y otros que actúan sobre la disponibilidad, aprovechamiento y manejo de los nutrientes, para tomar decisiones con el fin de establecer el equilibrio de los nutrientes.

- **Reacción al Suelo, pH:** Indica la acidez o la alcalinidad del medio y se mide en unidades de pH. Si la concentración de iones H^+ es mayor, la relación es ácida, pero si los iones OH^- es mayor, entonces la relación es alcalina. La relación será neutra cuando la concentración de iones $H^+ = iones\ OH^-$ (Domínguez, 2005). Por cuanto, este es un indicador para evaluar otras propiedades del suelo.

Los suelos de pH que oscilan entre 5.5 – 6.5 están destinados para la agricultura, para bosques el pH oscila entre 3 – 8 y en algunos casos con pH mayores a 8 están las palmeras y cocos. La tabla 7 muestra los tipos de suelo por su pH.

Tabla 7: *Clasificación de Suelos por su pH*

pH	Evaluación
<4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6,0	Mediamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Mediamente básico
7,9 – 8,4	Ligeramente alcalino
8,5 – 9,0	Alcalino
>10	Fuertemente alcalino

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-021[RECNAT], (2000)

- **Conductividad Eléctrica:** Parámetro significativo para clasificar la concentración de sales en el suelo de origen natural o antropogénica por el mal uso y manejo del mismo (Juárez, 2018). Así mismo, es la medida de la capacidad de un material para conducir corriente eléctrica y se expresa en unidades del SI métricas de deciSiemnes por metro a temperatura de 25° (Hanco, 2017). Los valores de conductividad eléctrica aceptables para el crecimiento de cultivos en general oscilan entre 0 – 0.8 dS/m (USDA, 1999). La tabla 8 muestra la clase de salinidad del suelo.

Tabla 8: *Clasificación de Suelos por su Conductividad Eléctrica*

Clase	Conductividad eléctrica (dS/m)	Categoría de suelos para crecimiento de plantas
No salino	0 – 2	Normales
Muy ligeramente salino	<2	Normales
Ligeramente salino	2 – 4	Salinos
Moderadamente salino	4 – 8	Salinos
Fuertemente salino	>8	Salinos

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes [UNALM], (2019)

- **Materia orgánica (M.O):** Está constituido por materiales de origen vegetal y animal que se acumulan en suelo o se incorporan en él. Parámetro importante para condicionar la fertilidad del suelo, mejorando las propiedades físico, químicas y biológicas (Mosquera, 2017). La importancia está dada por favorecer en la estabilidad de la estructura del suelo, incrementar la capacidad de retención de agua, aumentar la capacidad de intercambio catiónico y amortigua los cambios bruscos de pH, entre otras. El contenido de materia orgánica es muy variado, alcanzando valores hasta de 90 a 95%. La tabla 9 muestra la clasificación de la materia orgánica para suelos agrícolas.

Tabla 9: *Contenido de Materia Orgánica en Suelos agrícolas*

Nivel	%
Bajo (Pobre)	<2
Medio	2 – 4
Alto	>4

Fuente:

Norma Oficial Mexicana NOM-021[RECNAT] (2000)

- **Fósforo disponible:** Elemento esencial para el desarrollo de las plantas, porque desde el punto de vista de la nutrición su papel es doblemente crítico. La fuente primaria del fósforo en los suelos es el fosfato de calcio. Valores altos de fósforo son positivos para la producción en general (Saab, 2012). El contenido total de fósforo en los suelos fluctúa entre 0.01 – 0,2%. La tabla 10 muestra la disponibilidad de fósforo en el suelo.

Tabla 10: *Disponibilidad de Fósforo en el suelo*

Nivel	Fósforo (ppm)	Clasificación
Bajo	<6	Pobre
Medio	7 – 14	Medio
Alto	>14	Alto (Rico)

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-021[RECNAT] (2000)

- **Nitrógeno Total:** Elemento esencial para el crecimiento vegetativo de la planta. Su deficiencia en el suelo origina clorosis, brotes cortos, hojas pequeñas, poco vigor y el exceso produce frutos con cascara gruesas, hojas de color verde y retardo en la maduración. La tabla 11 presenta la disponibilidad de Nitrógeno en los suelos.

Tabla 11: Disponibilidad de Nitrógeno en Suelos

Clase	Nitrógeno inorgánico en el suelo (%)
Muy deficiente	< 0.075
Deficiente	0.075 a 0.124
Moderadamente deficiente	0.125 a 0.149
Moderadamente provisto	0.150 a 0.199
Bien provisto	0.200 a 0.299
Muy provisto	> 0.300

Fuente: Pellegrini (2017)

- **Potasio Disponible:** Es un elemento esencial para la nutrición de la planta y uno de los tres que, si se encuentra en pequeñas cantidades en los suelos, limita el rendimiento de los cultivos. El contenido de potasio disponible oscila entre 0.2 – 1 meq/100g de suelo (Castillo, 2005). La tabla 12 muestra la disponibilidad de potasio en los suelos.

Tabla 12: Disponibilidad de Potasio en el Suelo

Nivel	Potasio (ppm)
Bajo (Pobre)	<100
Medio	100 – 240
Alto	>240

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes [UNALM] (2019)

2.6. Degradación de Suelos

La degradación del suelo representa la alteración de equilibrio de las propiedades físicas, químicas y biológicas, resultando la disminución de fertilidad para producir bienes o prestar servicios a sus beneficiarios (FAO, 2019). Fenómenos que tienen origen por varios procesos de degradación como: natural, antropogénica, industrial, urbana y agrícola.

Estos fenómenos se pueden sintetizar del tipo de degradación que originan, los cuales se pueden visualizar en la figura 2.

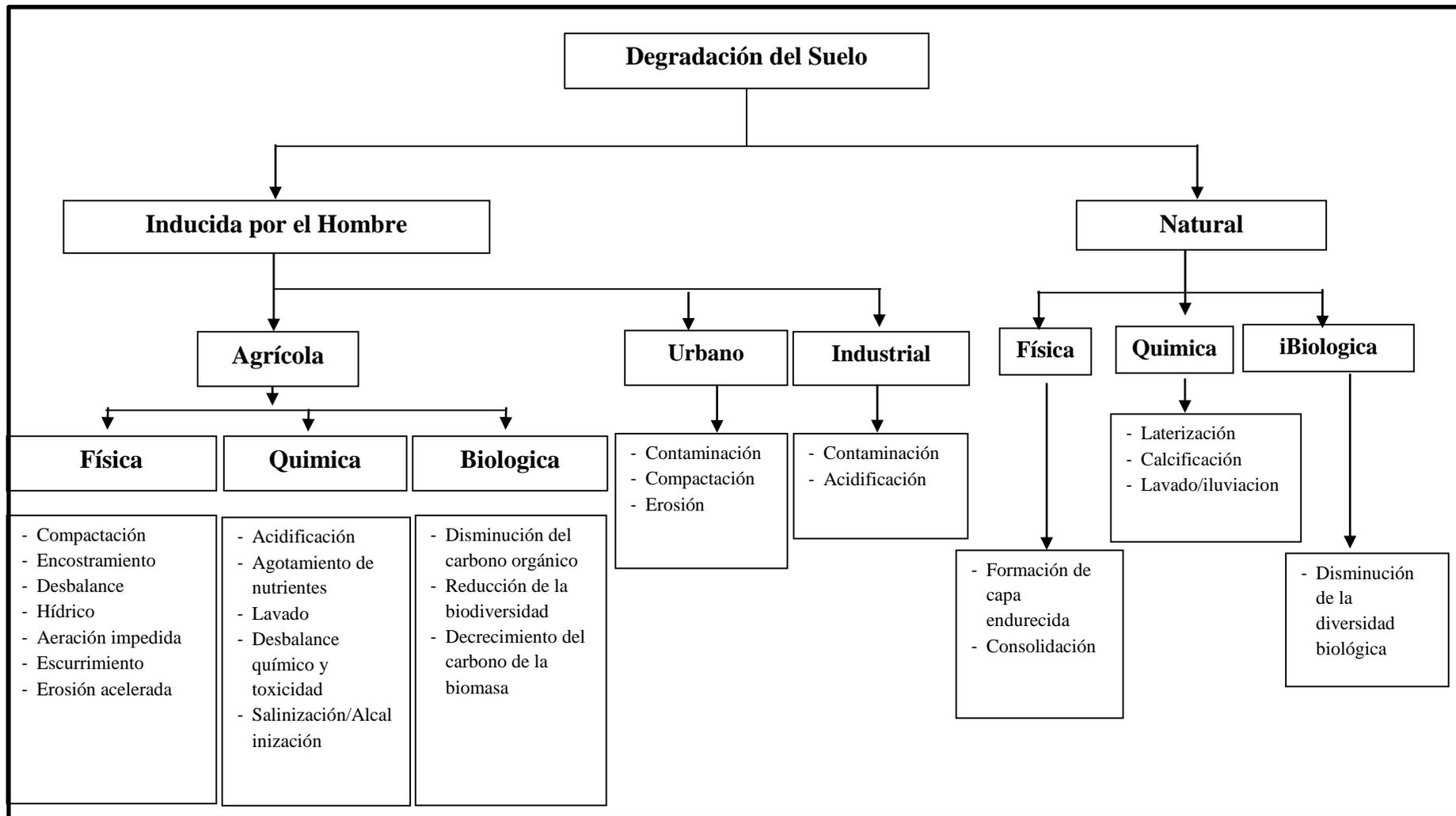


Figura 2: Principales tipo de degradación del suelo (López, 2002)

2.7. Necesidades de Mejorar las propiedades del Suelo

En la actualidad el suelo es importante porque es la base de la producción agrícola, debido a que extraen los nutrientes que se producen en éste, toman el agua, el aire y encuentran las condiciones físicas como textura, permeabilidad, temperatura y otros que necesitan para crecer. Además, para mantener en equilibrio depende de su condición o estado (González, 2013).

Para el Instituto Nacional Tecnológico (INT, 2016) conservar el suelo significa la utilización de prácticas de protección y mejoramiento. Las prácticas de conservación del suelo reducen la pérdida del recurso de agua mediante:

- Protección de la capa arable
- Aumentar la infiltración del agua en el suelo.

Por otro lado, González (2013) menciona algunas recomendaciones generales que pueden ser la base de un buen manejo de residuos sólidos y de mejorar el suelo, pueden ser:

- No quemar
- Realizar prácticas de conservación
- Aplicación y conservación de materia orgánica
- Mantener récords
- Uso adecuado y responsables de agroquímicos

2.8. Métodos para mejorar las propiedades del Suelo

El uso intensivo en la agricultura ha ocasionado el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas químicos que contaminan y deterioran el suelo, ya que eliminan insectos y microorganismos (hongos y bacterias) benéficos que habitan en el suelo. Ante este panorama la agricultura moderna considera que la materia orgánica puede ser transformada en una importante fuente de alimento y de energía. En ese sentido surgen

varias alternativas para mejorar las propiedades del suelo como son los abonos orgánicos en el proceso de compostaje, humus, etc. (Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social, FONCODES, 2014).

2.9. Fertilización de suelos con Enmiendas Orgánicas

La fertilización está basada en aumentar o mejorar la fertilidad de los suelos con enmiendas orgánicas la cual, se conocen como mejoradores de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Acevedo et al., 2011). Se han obtenido resultados positivos para las zonas áridas y semiáridas, siendo productos esenciales para corregir déficits en sus parámetros, debido al gran contenido de materia orgánica y nutrientes en su composición (Gracia, 2012).

Para Munive (2018) las enmiendas orgánicas son materiales de origen animal, vegetal o mixto, que se agrega al suelo para regular muchos procesos relacionados con la productividad agrícola. Material resultante por la descomposición de la materia orgánica y por la acción de microorganismos presentes en el medio, los cuales transforman el material en nutrientes como el nitrógeno y otros elementos nutritivos para mantener o aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, mejorar sus propiedades físico-químicas y, al crecimiento de las plantas (Ramos & Terry, 2014). Materiales conocidos como abonos (Jaramillo, 2002).

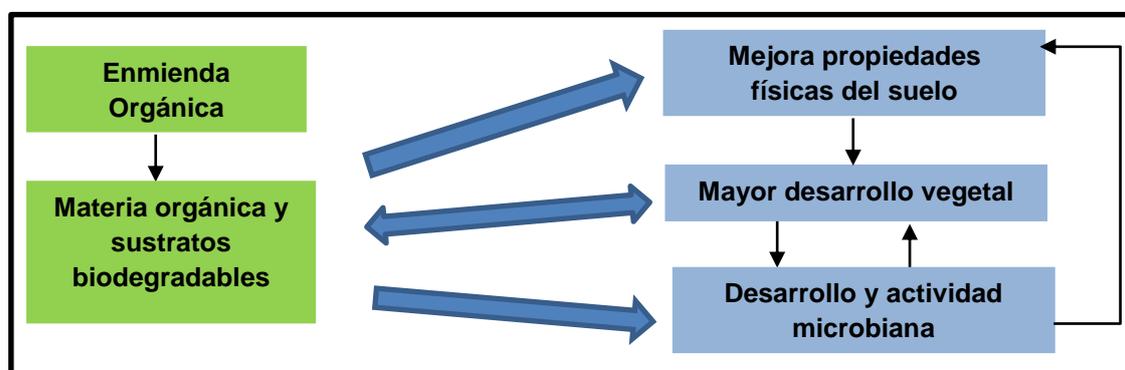


Figura 3: Efectos de la adición de materia orgánica en el suelo

La tabla 13 muestra los diferentes tipos de enmiendas orgánicas que aportan porcentajes de materia orgánica al suelo, humedad máxima y extracto húmico a partir de la materia prima.

Tabla 13: *Composición de enmiendas orgánicas según el tipo de materia prima*

Tipo de Enmienda	Materia Prima	Materia orgánica total (%)	Humedad Máxima (%)	Extracto húmico total (%)
Húmica	Animal o vegetal (turba, lignito o leonardita)	25	40	5
Turba de musgo	Musgo, principalmente genero <i>Sphagnum</i>	90 (s.m.s)	-	-
Turba herbácea	Tuberas bajas principalmente <i>carex</i> , <i>phragmites</i> , etc.	45 (s.m.s)	-	-
Compost	Cualquier residuo orgánico biodegradable del anexo IV-R.D. 824/2005	35	40	-
Compost vegetal	Restos vegetales	40	40	-
Compost de estiércol	Deyecciones animales	35	40	-
Vermicompost	Digestión por lombrices de materiales orgánicos esencialmente estiércol	30	40	-

Fuente: R.D. 824/2005 (2005), adoptado por García et al. (2010)

Para Soto (2003) las enmiendas orgánicas se clasifican según la fuente principal de nutrientes, aquellos que son liberados debido a la actividad microbiana. Asimismo, estos se subdividen en enmiendas orgánicas procesados y no procesados. Los primeros contienen materia prima estabilizada y los segundos son de aplicación directa sin previa descomposición. La tabla 14 muestra los diferentes tipos de enmiendas orgánicas, según la fuente de nutrientes y según el grado de procesamiento.

Tabla 14: *Tipos de Enmiendas elaborados a partir de Residuos Orgánicos*

Fuente de nutrientes	Grado de procesamiento	Abonos Sólidos	Abonos Líquidos
Materia orgánica	No procesados	Desechos vegetales Desechos animales: gallinaza, estiércol fresco de vacuno, cerdo y cuy.	Efluentes: pulpa de café
	Procesados	Compost, Lombricompost, Bokashi, Ácidos húmicos, Abonos verdes	Biofermentos, Té de compost, Ácidos húmicos, Té de estiércol, Extracto de algas.
Microorganismos		Biofertilizantes, Inoculante en turba de Rhizobium para leguminosas, micorrizas, Bacillus subtilis.	Biofertilizantes líquidos, ME o microorganismos benéficos, etc.

Fuente: Soto (2003)

2.10. Enmiendas orgánicas empleadas

Según García (2008) las enmiendas orgánicas son una mezcla heterogénea, compuesta por un gran número de productos resultantes de transformaciones químicas y microbianas procedentes de materiales de origen vegetal, animal o desechos orgánicos.

Campitelli (2010) indica que los parámetros que influyen en el proceso de la elaboración de enmiendas orgánicas (Mezcla), son principalmente, la naturaleza del residuo biodegradable, el número de microorganismos, tamaño de la partículas, temperatura y pH. A continuación, se revisan algunas características de las enmiendas orgánicas usadas en el estudio.

2.10.1. Estiércol

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2013) el estiércol es la materia orgánica utilizada para fertilizar la tierra y compuesto principalmente por heces y orina de animales domésticos. También puede estar mezclado con material vegetal como paja, heno o material de cama de animales. El estiércol es rico en nitrógeno, fósforo y potasio. Además, aumenta la fertilidad del suelo, mejora la estructura y retención de agua en el suelo, ayudando a resistir a la degradación.

Por su parte, Iglesias (1995) define como la mezcla de heces de animales con orines y la cama, puede ser manejado y almacenado como sólido. El estiércol puede estar compuesto por otros elementos como: camas de los animales, paja, aserrín, viruta de madera, papel periódico o productos químicos, así como, restos de alimentos de animales o restos de limpieza de los establos o de lluvia.

Es rico en materia orgánica, por ello aumenta la fertilidad del suelo y mejora su capacidad de absorción y retención de agua. El estiércol podría aplicarse en cantidades mayores para alcanzar lo que necesita el cultivo, sin embargo, esto vuelve al nitrógeno más inestable y ello acarrea un menor tiempo disponible en el suelo (Universidad Nacional de Colombia [UAESP], 2014).

2.10.2. Propiedades del Estiércol para Compost

Según Huang et al. (2017) las propiedades del estiércol como fertilizante suelen:

- Reciclar nutrientes
- Aumentar la materia orgánica del suelo
- Mejorar las condiciones físicas del suelo
- Aumenta la capacidad del suelo de arena para absorber y retener los nutrientes

- Permite a los parámetros como C / N, pH, nitrógeno mineral, C orgánico soluble en agua y temperatura durante el compostaje ser más simple y rápido para evaluar la madurez de los compost durante el compostaje.

2.10.3. Tipos de Residuos de Estiércol

Según la Universidad Nacional de Colombia (UAESP, 2014) Los tipos de estiércol que se pueden distinguir son los siguientes:

- Bovinaza: estiércol vacuno.
- Caprinaza: estiércol de ovino / caprino.
- Conejaza: estiércol de conejo.
- Equinaza: estiércol de caballo / burro.
- Gallinaza: estiércol de gallina / aves.
- Porquinaza: estiércol de porcino.

La tabla 15 muestra la caracterización de diferentes estiércoles según a las propiedades físicas-químicas del suelo.

Tabla 15: Características de diferentes Estiércoles en función a las propiedades físico-químicas

Propiedades Físico-químico	Unidad	Tipos de Estiércoles			
		E. Vacuno	E. Ovino	E. Camélido	E. Equino
pH	UM	8.3	9.7	8.9	7.8
CE	dS/m	12.3	26.5	12.0	12.2
MO	%	76.5	62.8	66.0	63.3
N	%	2.2	1.6	1.3	1.5
P ₂ O ₅	%	1.1	1.3	1.1	1.2
K ₂ O	%	2.9	5.0	3.7	2.9
CaO	%	3.1	2.1	2.2	3.1
MgO	%	1.0	1.0	0.7	1.1
Hd	%	9.9	16.6	7.5	13.9
Na	%	0.5	1.2	0.6	0.6
S	%	0.3	0.5	0.4	0.4
Cu	mg/Kg	69.0	24.0	27.0	69.0
Zn	mg/Kg	342.0	143.0	163.0	394.0
Mn	mg/Kg	202.0	138.0	155.0	256.0
Fe	mg/Kg	3310.0	3304.0	3873.0	4469.0
B	mg/Kg	75.0	129.0	69.0	88.0
C org.	%	44.4	36.5	38.3	36.8
C/N		20.0	23.4	29.5	24.7

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes – UNALM (2019)

2.10.3.1. Estiércol vacuno

Según Consejo de Agricultura y Alimentación Ecológica de Euskadí (ENEK, 2018) el estiércol vacuno tiene una estructura muy buena, pero mejora con la adición de fibra seca, este tipo de estiércol es bastante húmedo, necesita de 4 a 5 meses para

compostarse. Cabe señalar, que el uso de viruta puede cambiar las características del estiércol, afectando su descomposición. Sin embargo, el problema no es permanente en el estiércol de vacuno, debido al contenido de enzimas que ayudan en el proceso de descomposición del mismo.

Este material es de acción lenta y duradera para suelos ligeros y arenosos, compuesto por parte sólida y líquido. La parte sólida representa el material no digerido y la parte líquida al material digerido que ha sido absorbido y excretado (Zeballos, 2015).

2.10.4. Residuos Sólidos

Se refiere a todas aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido que luego de haber consumido su parte vital no tiene uso alguno, pero que pueden ser reaprovechados, todo en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente (Valderrama, 2013; Ministerio del ambiente [MINAM], 2012; Sociedad Peruana de Derecho Ambiental [SPDA], 2009). Asimismo, los residuos sólidos evolucionan paralelamente al desarrollo económico y productivo (Montes, 2009).

Rondón et al. (2016) indican que la región de América Latina y el Caribe es la más urbanizada de los países en desarrollo, con un aproximado del 80% de población que viven en zonas urbanas. Por lo tanto, se estima que la generación de residuos sólidos se incrementará con el tiempo a medida que la población va en aumento. A continuación, se muestra en la tabla 16 los indicadores de generación de residuos sólidos para los distintos países de América Latina y el Caribe.

Tabla 16: *Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios en América Latina y el Caribe*

País	Generación de residuos domiciliarios (Kg/hab/día)
Argentina	0.77
Bolivia	0.46
Brasil	0.67
Chile	0.79
Colombia	0.54
Ecuador	0.62
El Salvador	0.50
Guatemala	0.48
Honduras	0.61
Jamaica	0.71
México	0.58
Nicaragua	0.73
Panamá	0.55
Paraguay	0.69
Perú	0.47
República Dominicana	0.85
Uruguay	0.75
Venezuela	0.65
ALC	0.63

Fuente: OPS/OMS-AIDIS-BID (2010)

2.10.5. Clasificación de Residuos Sólidos

De acuerdo a la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA, 2009) los residuos sólidos pueden clasificarse:

- Según su origen:
 - Residuo domiciliario
 - Residuo comercial
 - Residuo de limpieza de espacios públicos
 - Residuo de establecimiento de atención de salud
 - Residuo industrial
 - Residuo de las actividades de construcción
 - Residuo agropecuario
 - Residuo de instalaciones o actividades especiales
- Según su manejo y gestión:
 - Residuos de ámbito municipal
 - Residuos de ámbito no municipal
- Según su peligrosidad:
 - Residuos peligrosos
 - Residuos no peligrosos
- Según su naturaleza:
 - Residuo inorgánico
 - Residuo orgánico

2.10.5.1. Residuos Orgánicos

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014) indica que los residuos sólidos orgánicos son residuos de origen biológico (animal o vegetal), que se descomponen, desintegran o se desagregan rápidamente en el ambiente, generando

gases (CO₂, CH₄, entre otros). Entre estos se pueden mencionar a los residuos vegetales y alimenticios. Proviene de hogares, industrias, plantas de tratamiento, la agricultura, la horticultura y la silvicultura, entre otros; mediante un tratamiento adecuado (como por alguna técnica de compostaje) se procesan para ser aprovechados como fertilizantes y mejoradores de suelos (Universidad Nacional de Colombia [UAESP], 2014).

Como característica principal de todos los residuos orgánicos es ser biodegradable, por medio de la acción de microorganismos desintegradores (Alania, 2012). La mejor manera de minimizar y aprovechar los residuos orgánicos, sea mediante técnicas de transformación física, química y biológica, siempre y cuando sea económicamente viable, técnicamente posible y ambientalmente sustentable (Salamanca, 2014).

2.10.5.2. Tipos de residuos orgánicos

Las dos formas más conocidas de clasificar los residuos sólidos orgánicos están relacionadas con su fuente de generación y con su naturaleza y/o características.

- Según su fuente de generación:

De acuerdo a Jaramillo & Zapata (2008) los residuos sólidos orgánicos pueden clasificarse según su fuente de generación en:

- Provenientes del barrido de las calles; son aquellos provenientes del barrido de las calles, pero también se incluyen los botes de basura públicos. El aprovechamiento de estos residuos es limitado dada la dificultad que representa el proceso de separación física.
- Institucionales; son aquellos provenientes de instituciones públicas y privadas. Contienen mayormente papeles y cartones, además residuos alimenticios procedentes de los comedores.

- De mercados; estos residuos provienen de mercados de abastos y establecimientos de venta de alimentos. En estos lugares existe una buena fuente para elaboración de compost y fertilizantes orgánicos.
- De origen comercial; estos residuos provienen de centros comerciales, tiendas y restaurantes. Que mayor generan residuos orgánicos dado el tipo de servicio ofrecido. Son fuente aprovechable para la alimentación porcina (previo tratamiento).
- Domiciliarios; estos residuos provienen de los hogares, son de características variadas, pero generalmente contienen restos de frutas, verduras, restos de comidas, podas de jardín y papeles.
- Según su naturaleza y/o características físicas:

De acuerdo a Hernani & Rodríguez (2016) los residuos sólidos orgánicos pueden clasificarse según su naturaleza o características físicas en:

- Residuos de alimentos; son aquellos provenientes de restaurantes, comedores, hogares, entre otros establecimientos de comercio de alimentos.
- Estiércol; son aquellos residuos fecales de animales como el ganado, los cuales generalmente son aprovechados para la generación de biogás.
- Restos vegetales; son aquellos residuos provenientes de podas, también se consideran aquellos restos vegetales de cocina que no hayan sido cocidos.
- Cuero; son aquellos residuos que derivan de cuero en desuso.
- Papel y cartón; residuos con alto potencial de reciclaje, pero sin contener tintas puesto que estos reducirían la calidad del producto final puesto que afectarían a las lombrices y a los microorganismos.
- Plásticos; son residuos considerados orgánicos dado que fueron fabricados a partir de compuestos orgánicos (como etano) o utilizando derivados de petróleo.

2.10.5.3. Propiedades de los Residuos Orgánicos

Los residuos orgánicos son materiales solubles en agua, como azúcares, aminoácidos, féculas, y otros ácidos orgánicos. Con excepción del cuero y plástico, la porción orgánica de la mayoría de este tipo de residuos se clasifica según Jaramillo & Zapata (2008) como:

- Celulosa, constituye la membrana celular de vegetales y hongos.
- Hemicelulosa, componente de las paredes celulares de los tejidos de las plantas.
- Lignina, material polímero más abundante en los vegetales.
- Grasas, aceites y ceras, ésteres de alcoholes y ácidos grasos de cadena larga.
- Lignocelulosa, combinación de lignina y celulosa.
- Proteínas, constituyente principal de las células vivas y está formado por cadenas de aminoácidos.

La característica más importante es que la mayoría de los componentes orgánicos de estos residuos pueden convertirse en gases y sólidos orgánicos, generalmente producen olores fuertes y atraen insectos voladores (moscas) directamente relacionados con la putrefacción de los residuos orgánicos que contienen (Jaramillo & Zapata, 2008).

2.10.5.4. Aserrín

El aserrín es un material orgánico en forma de lámina enrollada, espiral o polvillo de origen vegetal resultante del proceso de corte de la madera o trituración y se caracteriza por tener un alto contenido de carbono, una consistencia fuerte y densidad de 0.3891 g/cm³. (González & Rosales, 2016), Su mezcla con otros residuos orgánicos tiene efecto beneficioso sobre la densidad, porosidad y aireación del compost (Sánchez et al., 2008), insumo considerable para controlar la humedad de los residuos orgánicos en el proceso del compostaje (Damián, 2018).

Por otro lado, el aserrín suministrado con otros elementos ricos en nitrógeno actúa como mejoradores en suelos de texturas extremas (suelos arenosos y arcillosos), favoreciendo mayor disponibilidad de elementos nutritivos y el régimen de agua (Grez, 1995).



Figura 4: Aserrín triturado

2.10.5.5. Tierra de Chacra

Es un insumo apto para la productividad de todo tipo de cultivo y plantaciones, en otras palabras, para la actividad agrícola (Hernández, 2007). Román et al. (2013) este tipo de tierra es un regulador de la temperatura, debido a su estabilidad y no genera calor.

Por su parte, Mondragón (2016) la tierra de chacra se destaca por tener su textura franca y contenido de materia orgánica (media a alta).



Figura 5: Tierra de Chacra

2.11. Proceso de Compostaje

2.11.1. Compostaje

Es un proceso dinámico y biológico que para llevarse a cabo necesita materia orgánica, población microbiana inicial y las condiciones óptimas para que ésta se desarrolle con multiplicidad de funciones y actividades sinérgicas (López, 2010).

En este proceso biológico intervienen el 95% la actividad microbiana como son las bacterias, los actomicetos y hongos. Y también las algas, protozoos y cianofíceas. Además, en la fase final del proceso del compostaje intervienen también los microorganismos como colémbolos, ácaros, lombrices y otras especies (Durán et al., 2013).

El fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES, 2014) menciona algunas ventajas y desventajas del proceso de compostaje:

2.11.1.1. Ventajas del compost

- Mejora la producción de los cultivos, aumentando su resistencia al ataque de las plagas, enfermedades, heladas y eventos extremos del clima.
- Facilita la absorción de los nutrientes y el agua por la planta.
- Mejora la estructura del suelo.

- No contamina el suelo, el ambiente, porque se reciclan los desechos orgánicos.
- Permite utilizar insumos que se encuentran en la chacra.

2.11.1.2.Desventajas del compost

- Requiere un área techada.
- Requiere inversión inicial en mano de obra familiar, para la acumulación de estiércol y de residuos vegetales.
- Requiere mano de obra para el volteo.
- La fermentación se alarga por bajas temperaturas, es decir en zonas frías demora más
- Si no se acondiciona el drenaje, las lluvias excesivas pueden producir encharcamientos.

2.11.2. Etapas del compostaje

El proceso de compostaje se basa en varias etapas que deben cumplirse para obtener compost de calidad. El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro fases, básicamente por la evolución de las temperaturas del material de los cuales tenemos: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración:

a) La fase mesófila

Es el inicio de la actividad de los microorganismos que predominan las bacterias, levaduras, mohos y actinomicetos mesofílicos que se desarrollan entre 20 a 40°C de temperatura (Salazar, 2014).

Para Durán et al. (2013) el género de bacterias más predominante en este proceso es Bacillus, pero a medida que se aumenta la temperatura disminuyen la actividad microbiana al igual que los géneros de hongos y actinomicetos en el proceso del compostaje.

b) La fase termófila

Durán et al. (2013) indica que la actividad de los microorganismos mesófilos empieza a disminuir, y los termófilos o termotolerantes incrementan su población a temperaturas de aproximadamente de 50 a 80°C. Es decir, se eliminan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas y elementos biológicos indeseables (Robles, 2015).

c) La fase de enfriamiento

En esta fase la temperatura desciende hasta los 40°C a 45°C, agotando las fuentes de carbono y nitrógeno, desaparecen los hongos termófilos y la degradación continua con los polímeros (celulosa), gracias a los organismos mesófilos como esporulados y actinomicetos (Román et al., 2013).

Fase que, a partir de componentes orgánicos, se sintetizan coloides húmicos, hormonas, vitaminas, antibióticos, y otros compuestos que favorecerán el desarrollo de las plantas (Durán et al., 2013).

d) La fase de maduración

Se considera como complemento final de las fases que ocurren durante el proceso de fermentación disminuyendo la actividad metabólica (Jaramillo & Zapata, 2008). Por otro lado, también disminuye la generación de calor y O₂ en forma sustancial (Durán et al., 2013).

2.11.3. Factores que intervienen en el Proceso

a) Oxígeno

Es necesario para el metabolismo, la respiración de los microorganismos aerobios y para la oxidación de la materia orgánica (Avendaño, 2003). La aireación que más incide por antecedentes de operación oscila entre el 32-46% de oxígeno (Durán et al., 2013).

b) Temperatura

Los rangos más comunes oscilan entre los 50 y 60°C, aunque otras investigaciones indican que la temperatura máxima se da entre los 60 y 70°C, lo que daría máxima velocidad del compostaje (Sepúlveda & Alvarado, 2013). Esta actividad, divide el proceso en fases: mesófila, termófila, de enfriamiento y maduración (Hanníbal et al., 2016).

c) Humedad

Sirve para transportar los nutrientes y otros elementos a través de la membrana celular (Barros & González, 2007). La humedad óptima para la vida de los microorganismos es de 50% en todo el proceso y en la etapa final baja a un 30% o 40% (Durán et al., 2013).

d) pH

En otras palabras, es considerado como un indicador del cómo ha evolucionado el proceso de descomposición, en el compostaje (Sepúlveda & Alvarado, 2013). Esta variación de pH está relacionado a la actividad metabólica de los microorganismos y los nutrientes del medio (Hanníbal et al., 2016).

Es decir, el pH tiene influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos, dando un pH ácido al inicio, cerca de 6, neutro hacia la mitad del proceso y algo alcalino de 7 y 8 al final (Durán et al., 2013).

e) Relación Carbono y Nitrógeno

Es determinante para el compost, debido que el carbono es fuente de energía y el nitrógeno es necesario para el desarrollo y funcionamiento celular de los microorganismos (Córdova, 2006). Los valores de la relación carbono/nitrógeno del material para una buena fermentación esta entre 25 y 35 (Durán et al., 2013).

La tabla 17 muestra los valores óptimos de relación C/N de acuerdo a los diferentes tipos de materia orgánica, indicando que los desechos de parques, jardines, cocina y estiércol son lo que presentan una relación optima de C/N (Roben, 2002).

Tabla 17: *Relación de C/N de desechos biodegradables*

		C:N Equilibrado		Nivel alto de Carbono	
		25:1 - 40:1		41:1 – 1000:1	
Material	C:N	Material	C:N	Material	C:N
Purines Frescos	5:1	Estiércol vacuno	25:1	Hojas de árbol	47:1
			1		
Gallinaza pura	7:1	Pulpa de café	29:1	Paja de caña de azúcar	49:1
			1		
Estiércol porcino	10:1	Estiércol ovino / caprino	32:1	Paja de maíz	312:1
			1		
Desperdicios de cocina	14:1	Hojas de plátano	32:1	Aserrín	638:1
			1		
		Restos de Hortalizas	37:1		
			1		

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO.

2.11.4. Técnicas de Compostaje

Román et al. (2013) manifiesta que las técnicas de compostaje son dos principalmente: sistemas abiertos y sistemas cerrados. Además, los factores claves para decidir la técnica son:

- El tiempo de proceso.
- Requisitos de espacio.
- Seguridad higiénica requerida.
- Material de partida.
- Condiciones climáticas del lugar (temperatura bajo cero, vientos y sistemas abiertos, etc.).

Sistemas Abiertos

Este sistema abierto se clasifica en: pilas con volteo y pilas estáticas. A su vez las pilas estáticas se dividen en: I) con succión de aire, II) aire insuflado, III) ventilación alterna (succión e insuflado), IV) insuflado vinculado al control de la temperatura (Román et al., 2013).

a) Pilas con volteo

Esta técnica de compostaje es muy utilizada a nivel mundial, por lo general tiene las siguientes dimensiones: 5.3 metros de ancho, 3.2 metros de altura y hasta un centenar de metros de longitud. Este tipo de compostaje que es en forma de pila, se mantienen a alta temperatura, mientras permite el flujo de oxígeno al núcleo central. El volteado periódico permite liberar el calor y la exposición de los volúmenes anaeróbicos al oxígeno, estas volteadas que están equipadas con accesorios de riego, permiten ajustar el nivel de humedad (Román et al., 2013).

Para Sánchez (2012) el volteo de pilas permite aumentar la porosidad, facilita la aireación pasiva a través del flujo permanente del aire atmosférico. Además, con el volteo se fomenta la descomposición uniforme de los restos vegetales, ya que al combinarse las capas más externas de la hilera con las más internas presentan una temperatura elevada. Se debe realizar una vez por semana, ocasionando un menor costo en el material.

Normalmente el volteo de la pila se da cada 6-10 días. El volteo sirve para homogenizar la mezcla y controlar la temperatura, la humedad, la oxigenación y aumentar la porosidad de la pila. El volteo se suele realizar con una pala cargadora, recogiendo y soltando el material. Existe maquinaria que permite que el mezclado sea más eficiente. En las pilas con volteo o sin volteo es importante el tamaño de la pila, para mejorar la aireación y no haya excesivas pérdidas de calor (Universidad de la Rioja [UR], 2014).

El método de aireación usado en este sistema depende del tamaño de las hileras. Existen dos tipos de aireación: el primero por mezcla manual, el cual consiste en emplear una pala o instrumento que permita el volteo del material (Figura 6), y el segundo por mezcla mecánica, el cual se realiza con una maquina volteadora (Avendaño, 2003).

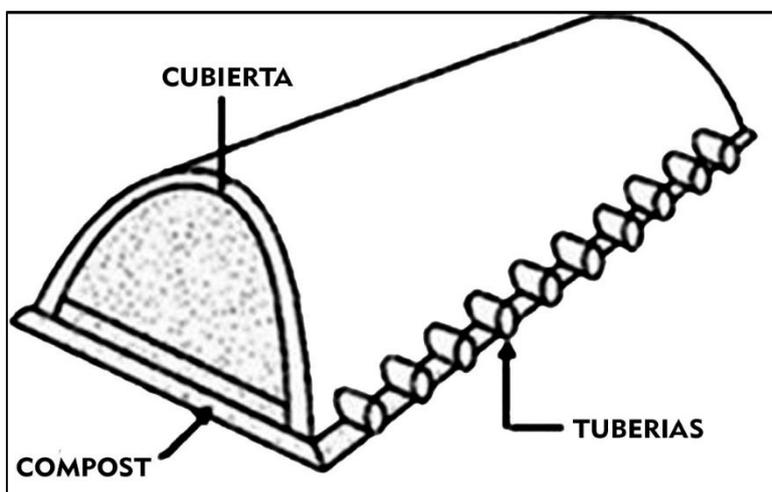


Figura 6: Sistema de pilas con volteo (Avendaño, 2003)

Entre las ventajas de este sistema abierto Román et al. (2013) menciona:

- El bajo costo de inversión.
- El manejo e instalación es más sencillo.
- Es la técnica de compostaje más utilizado.

Y entre las desventajas Román et al. (2013) menciona las siguientes:

- No es fácil de controlar este proceso, por lo que puede originar emisiones y olores que no se pueden controlar.
- De tipo climático, tanto las temperaturas son bajas o las lluvias excesivas que pueden ser desfavorables, puesto que ralentiza el proceso, que pueden producir lixiviados ricos en nitrógeno y son muy contaminantes.
- Puede estar expuestos a la invasión de vectores y animales de alrededores.
Puede ser manipulado por personal no autorizado.

b) Pilas estáticas

Este es uno de los sistemas más simples, económico y más utilizado. Los residuos a compostar se disponen en amontonarlo sobre el suelo o pavimento, sin comprimirlo en exceso (Valverde, 2015). Es importante que se mantenga el tamaño y la forma de la pila para permitir la circulación de aire y mantener la temperatura en condiciones apropiadas (Universidad de la Rioja [UR], 2014).

Para Sánchez (2012) Si la temperatura interna supera los 60°C, el material que se está compostando puede combustionarse, y destruir los microorganismos que llevan a cabo el compostaje.

b.1) Pilas estáticas con aireación pasiva

Este sistema es muy apropiado por el costo a comparación con el sistema de aireación forzada o pilas con volteo. Entre sus características de este sistema, es que se emplean materiales o mezclas según el tamaño, contenido de humedad, porosidad y nivel de descomposición que permiten mejorar el flujo de la masa de aire desde la parte inferior hacia la zona superior de la pila; además la forma y tamaño óptimos de la pila (universidad de la Rioja [UR], 2014).

El compostaje con este sistema es versátil y de pocas complicaciones. Tiene como principal desventaja el largo periodo de descomposición y que solo es posible con residuos orgánicos muy porosos en la que la aireación pasiva se da naturalmente. Actualmente se usa residuos de estiércol, restos de poda, fangos y residuos sólidos urbanos a compostar (Elías, 2012).

El proceso logra buenos resultados de una amplia variedad de residuos orgánicos y funciona con mucho éxito, aunque en climas fríos no es lo más recomendable debido que

el aire frío absorbido puede hacer descender la temperatura de las pilas principalmente en capas exteriores. (Silva et al., 2003).

b.2) Pilas estáticas con aireación forzada

Elías (2012) menciona que este sistema consiste en colocar los materiales sobre tubos perforados en una base de hormigón, conectados a un soplador o compresor que asegura la entrada de oxígeno y la salida de CO₂ (Figura 7). Con el fin de minimizar la emisión de compuestos volátiles y problemas de olores, el aire se pasa a través de una pila de compost madura que actúa como filtro (Avendaño, 2003).

Los restos orgánicos son triturados y luego depositados en la zona de compostaje, de forma similar al compostaje en pilas. Este proceso consiste en una duración de 9 semanas. Estos sistemas permiten controlar el oxígeno entre 15-20% y favorecen la actividad metabólica de los microorganismos aerobios que desarrollan el proceso (Universidad de la Rioja [UR], 2014).

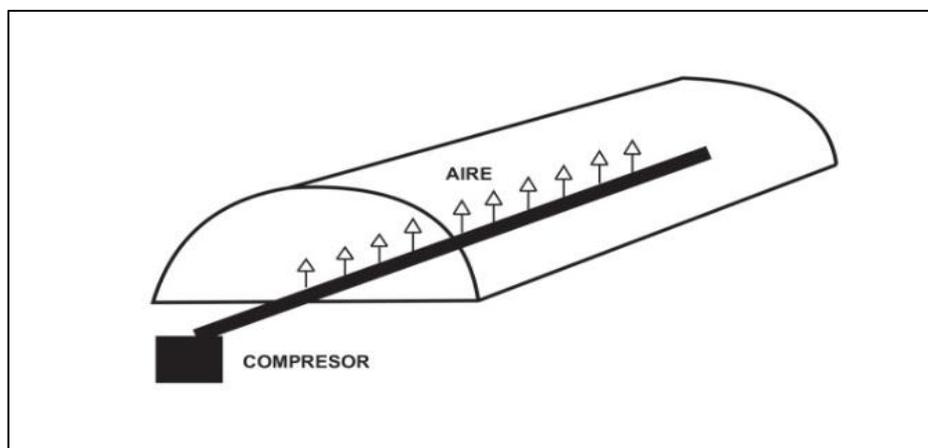


Figura 7: Sistema estática con aireación forzada (Avendaño, 2003)

Sistemas Cerrados o en recipiente

Sistemas que son utilizados a nivel industrial generalmente para compostar residuos en las proximidades de ciudades de tamaño medio o grande. Se caracterizan por realizarse en reactores que pueden ser de dos tipos: horizontales o verticales, siendo la principal desventaja el elevado coste de inversión de las instalaciones (Córdova, 2016).

Por otra parte, es usado a nivel familiar, sistema que se basa en una serie de características que favorecen su replicación. Entre sus ventajas, la tabla 18 muestra como evita la acumulación de lluvia, facilita las labores de volteo, extracción de lixiviado, controla la invasión de ratones y aves, evita el acceso al material en descomposición por personal no autorizado. La desventaja es que puede alcanzar altas temperaturas (Román et al., 2013).

Tabla 18: *Ventajas y desventajas de los sistemas en compost*

Sistemas Cerrados	Inversión	Manipulación	Espacio	Compost final
Horizontal o discontinua	Baja	Sencilla	Poco	Heterogéneo
Vertical o continua	Alta	Más compleja	Amplio	Homogéneo

Fuente: Román et al. (2013)

2.12. Método para determinar las propiedades físico - químicas del suelo

Los métodos que se presentan a continuación se componen en físicos y químicos.

2.12.1. Análisis físico

2.12.1.1. Determinación de la Textura del suelo

Según Hernández (2007). Menciona algunos fundamentos del método, los cuales son:

a. Método del Hidrómetro (Bouyoucos)

Método que se basa en la diferente velocidad de sedimentación de las partículas sólidas, que caen dentro de un fluido viscoso. La cantidad de sólidos se determina midiendo la densidad de la suspensión por un hidrómetro especial en intervalos específicos. La densidad disminuirá a medida que las partículas sólidas se van sedimentando (Alvarado, 1999). El tiempo de lectura se ha escogido de 40 segundos para la separación de partículas mayores de 0.05 mm (arena) y de 2 horas para

partículas de diámetro mayores de 0.002 mm (limo y arena). Estos límites han sido establecidos por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y se han usado para construir el triángulo de texturas (Figura 8) (Norma oficial mexicana [SEMARNAT], 2002).

Por otro lado, Crosaraa (2015) el método del hidrómetro, tiene por ventaja de dar resultados similares al método de la pipeta dentro de un tiempo razonable, sin la necesidad de pre tratar la muestra ni de largos periodos de reposo, e incluso evitando el pesaje exacto de pequeñas cantidades de sustancia coloidal.

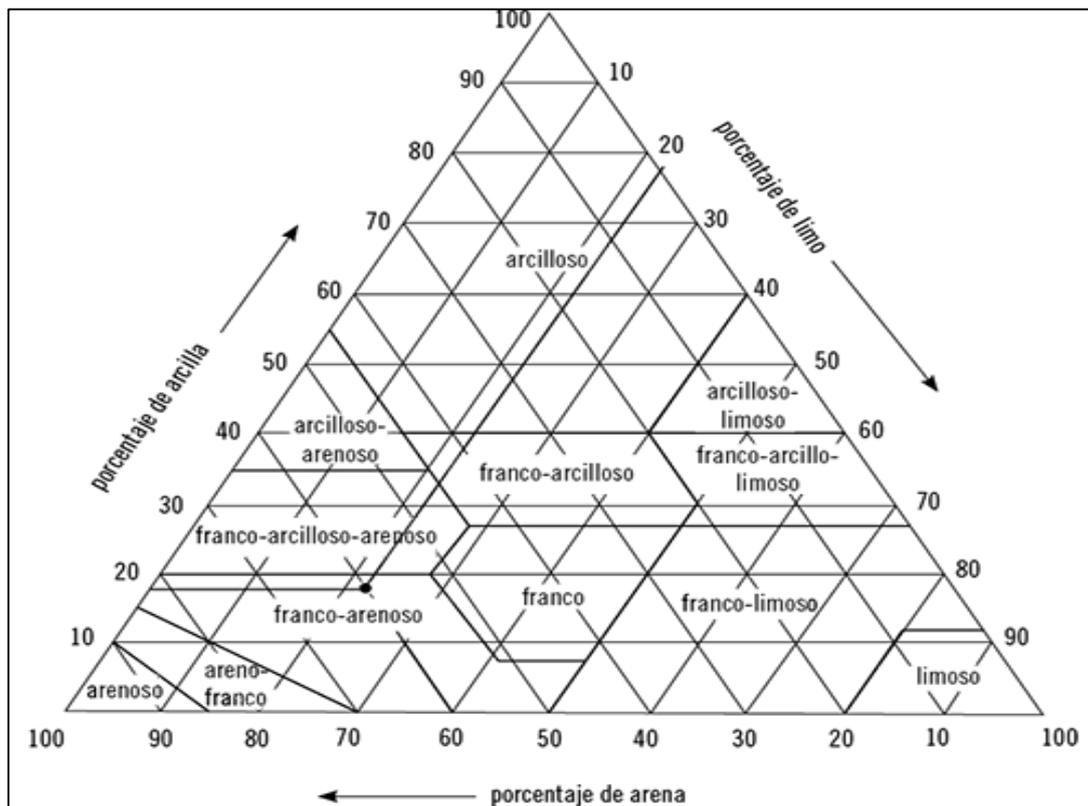


Figura 8: Diagrama triangular para la denominación de los suelos según la textura (Norma oficial mexicana [SEMARNAT], 2002).

2.12.1.2. Determinación de la densidad aparente del suelo

a. Método del cilindro

Método que consiste en tomar un volumen fijo de suelo sin perturbar y pesarlo una vez seco, por calentamiento en el horno a 105°C durante 24 horas. El suelo debe ser ligeramente húmedo y frágil para ser cortado por el cilindro sin obtener alteraciones (Sandoval et al., 2011). La densidad viene determinada por la relación entre el peso seco obtenido y el volumen correspondiente. La principal desventaja es la presencia de las piedras, por lo que se limita el uso en suelos poco pedregosos (Rubio, 2010).

2.12.1.3. Determinación de la densidad real del Suelo

a. Método del picnómetro

Es un método sencillo y de buena precisión, donde se toma el suelo y se seca a 150°C por 18 horas. Luego, usando un embudo plástico se colocarán 2 - 5 g de suelo dentro del picnómetro. Se pesará el picnómetro con suelo (peso 2). Después, se adicionará agua destilada hervida fría hasta la mitad del picnómetro, se agitará con suavidad y se colocará en el desecador de vacío. Durante 15 minutos se hará vacío para eliminar el aire retenido en el suelo; se aumentará paulatinamente la succión para evitar pérdidas de material debido a la formación de espuma. Se dejará reposar el picnómetro por 30 minutos dentro del desecador, se eliminará el vacío, se sacará del desecador y se llenará completamente de agua destilada hervida y fría. Se pesará en la balanza analítica (peso 3). Se vaciará el picnómetro, se enjuagará perfectamente y se llenará totalmente con agua destilada hervida fría. Se pesará el picnómetro lleno (peso 4). Utilizando los 4 pesos calculados se realizarán las operaciones que determinarán la densidad real del suelo (Norma oficial mexicana [SEMARNAT], 2002).

2.12.1.4. Determinación de la humedad del Suelo

a. Método de los platos de presión

Es uno de los métodos más usados en el laboratorio a nivel mundial para determinar las características de retención de agua en el suelo. Consiste en tomar una porción de suelo húmedo sobre el plato de presión. Esto provoca que el agua del suelo sea extraída a través del plato, con la finalidad de que el suelo este en equilibrio con la presión aplicada, el flujo de agua cesa y la presión aplicada se corresponde con el potencial mátrico. Una vez examinados los contenidos de agua en equilibrio para las distintas presiones aplicadas, se puede determinar la curva característica de humedad del suelo (Martín de santa Olalla et al., 2005).

b. Método gravimétrico directo

Es un método directo y más exacto en cuanto a la medición de la humedad del suelo y resulta ser necesario calibrar el equipo utilizado en los demás métodos. Consiste en tomar la muestra de suelo, pesarla y luego secarla para determinar el contenido de humedad. Se considera un peso constante a una temperatura de 105°C por 5 horas. Tiene como desventaja que no brinda un registro continuo de la humedad del suelo de un lugar determinado, hasta ser llevada la muestra al laboratorio, pesada y secada. En vista de esto diseñan aparatos que permitan tomar mediciones en el campo (Radulovich et al., 1997).

2.12.1.5. Determinación de la porosidad del Suelo

a. Método de los cilindros y el picnómetro

Consiste en usar la misma determinación de la densidad aparente y la determinación de la densidad real, mediante el cálculo: la unidad menos la diferencia entre la densidad aparente y la densidad real multiplicado por el 100 % del contenido del suelo.

2.12.1.6. Determinación del color del Suelo

a. Método de la Tabla Munsell

La determinación del color del suelo se realiza por la comparación de éste con diferentes patrones de color establecidos por el método de la Tabla Munsell (Figura 10). Las Tablas Munsell son un sistema de notación de color basado en una serie de parámetros que nos permiten obtener una gama de colores que varían en función del matiz (composición espectral), brillo (claridad, escala entre el negro puro y el blanco puro) y croma (profundidad o saturación del color) (Norma oficial mexicana [SEMARNAT], 2002).

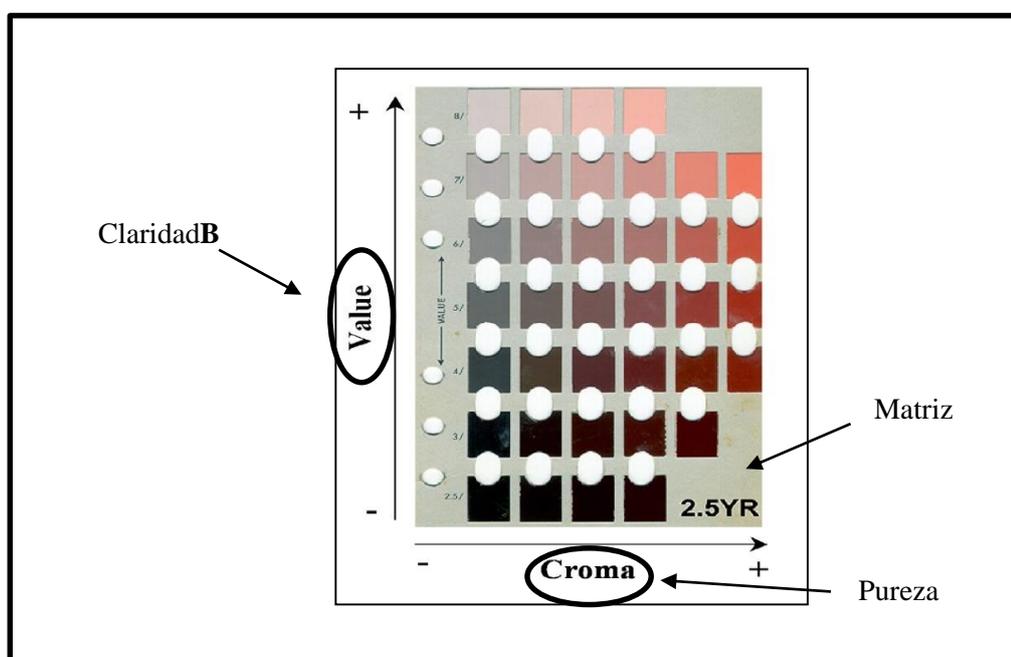


Figura 9: Tabla Munsell (Norma oficial mexicana [SEMARNAT], 2002)

2.12.2. Análisis químico

2.12.2.1. Determinación del pH del Suelo

a. Método del electrométrico

Es el método más exacto y usado con mayor frecuencia en el laboratorio que consiste en determinar la actividad de hidrógeno ionizado en la solución de suelo, mediante el potenciómetro, que utiliza un electrodo de vidrio que es sensible a H⁺ y un electrodo de referencia de calomelanos (Mckean, 1993). El primer electrodo

varía la concentración de H^+ , y el electrodo de calomelanos presentan un potencial constante. Ambos electrodos se sumergen en suspensión de suelo en agua y se abre paso a una corriente eléctrica. La diferencia de potencial entre ambos electrodos aparece indicada en un dial marcado en unidades de pH (Thompson & Troeh, 1988).

2.12.2.2. Determinación de la Conductividad Eléctrica

a. Método del conductímetro

Se determinará por convención en extractos acuosos de una pasta saturada para conocer el grado de salinidad en la muestra de suelo. La determinación de conductividad eléctrica (CE) en el extracto de saturación debe ser mayor a 4 decisiemens por metro (dS/m), y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), debe estar por debajo de 15 por ciento, por lo que la estructura no se ve afectada (Ramírez, 2016).

2.12.2.3. Determinación de la Materia Orgánica

a. Método de Walkley y Black

Consiste en determinar la cantidad de materia orgánica mediante el contenido de carbono orgánico. Se realizará la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y el calor de reacción que se generará al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Se esperará que la mezcla se diluya, luego se adicionará ácido fosfórico (H_3PO_4) para evitar interferencias de Fe^{3+} . Se determinará el exceso de $K_2Cr_2O_7$ por titulación con sulfato ferroso ($FeSO_4$). Con este procedimiento se detectará alrededor del 70 y 84% del carbón orgánico total (Norma oficial mexicana [SEMARNAT], 2002).

2.12.2.4. Determinación de nitrógeno total I (N)

a. Método de Micro Kjeldahl

Este método es satisfactorio para el análisis de nitrógeno total, donde el nitrógeno se convierte en amonio por digestión con H_2SO_4 concentrado conteniendo sustancias que ayudan a esta conversión. El amonio se determina por la liberación de NH_3 por destilación del digerido con álcali (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1968). La cantidad de nitrógeno se determina por la cantidad de nitratos, nitritos y amonio (Norma oficial mexicana [SEMARNAT], 2002).

2.12.2.5. Determinación de fósforo aprovechable (P)

a. Método de Olsen

Procedimiento utilizado ampliamente en estudios de fertilidad de suelos para la determinación de fósforo disponible tanto en suelos neutros como alcalinos (arcillosos). El fósforo es extraído del suelo con una solución de NaHCO_3 0.5 M ajustada a un pH de 8.5. En suelos neutros, calcáreos o alcalinos, conteniendo fosfatos de calcio, este extractante disminuye la concentración de Ca en solución a través de una precipitación del CaCO_3 , por tanto, la concentración de P en solución se incrementa. Primero se pesarán 2.5 g de suelo previamente tamizado por malla de 2 mm y se colocará en los tubos de polietileno. Luego se adicionarán 50 ml de la solución extractora, se tapaná y agitará la suspensión en agitador de acción recíproca durante 30 min., a 180 oscilaciones por minuto. Se filtrará inmediatamente a través de papel filtro Whatman N°42 u otro de calidad similar. Se prepararán blancos a partir de alícuotas de solución extractora y adicionando todos los reactivos como en las muestras. Se tomará una alícuota de 5 ml (o 10 ml si la concentración de P es muy baja) del filtrado y se colocará en un matraz aforado

de 50 ml. Se agregarán 5.0 ml de la solución reductora, se agitará y aforará. Se leerá después de 30 min. Pero antes de una hora a una longitud de onda 882 nm (leyendo previamente la curva de calibración). Se preparará una curva de calibración con patrones de 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 mg L⁻¹ de P. se pipetearán 0, 1, 2, 4, 6 y 10 ml de una solución de 5 mg L⁻¹ de P a matraces aforados de 50 ml. Se adicionará un volumen de solución extractante de NaHCO₃ 0.5 M igual a la alícuota empleada para medir en las muestras desconocidas. Se llevará a aproximadamente 40 ml con agua y se adicionará 5 ml de la solución reductora con ácido ascórbico. Se agitará nuevamente. Se leerá después de 30 minutos, pero antes de una hora a 882 nm, se leerán las muestras y los patrones al mismo tiempo de reacción, contando el tiempo desde que se agrega el reactivo que genera el complejo hasta el momento de la lectura (Norma oficial mexicana [SEMARNAT], 2002).

2.12.2.6. Determinación de potasio disponible (K)

a. Método de Pratt

Se determinará mediante el método de Pratt, usando como solución extractora ácido sulfúrico 6N, donde se extrae el potasio intercambiable y el soluble en agua y cuantifica por fotometría de llama o absorción atómica. Variable determinada mediante la fórmula propuesta (Norma oficial mexicana [SEMARNAT], 2002).

2.13. Antecedentes

Pastor et al. (2016) en su estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de un vermicompost sobre las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico en el sector. Se realizó un experimento para comparar diferentes dosis de vermicompost empleando los siguientes cuatro tratamientos, un testigo sin vermicompost (T1); 1 % de vermicompost (T2); 5 % de vermicompost (T3) y 10% de vermicompost (T4), los cuales fueron sometidos a incubación por 28 días. Se evaluó la biomasa microbiana (C-BM), actividad

ureasica (AU) e índice de carbono disponible (C-BM-CO*100), realizados en cuatro tiempos 7, 14, 21 y 28 días. Concluyeron que el tratamiento de 10% (T4) representa un incremento y seis veces de cada evaluación biológica respecto al tratamiento testigo demostrando una buena estrategia para la recuperación biológica de suelos salinos-sódicos.

Robles (2015) realizó una investigación en el Perú con el título “Evaluación de parámetros de temperatura, PH y Humedad para el proceso de compostaje en la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos de la municipalidad provincial de Leoncio Prado” con el objetivo de evaluar los parámetros de temperatura, pH y Humedad para llevar a cabo el proceso de compostaje de manera óptima. Entre los resultados se obtuvo que 0.3 Kg de compost ensacado por cada kilogramo de residuo sólido orgánico utilizado en la ruma inicial, generando 25.7 Kg de Residuos que no se llegaron a descomponer del total, en 43 días. Los parámetros de temperatura y humedad fueron evaluados por 43 días, mientras que el parámetro pH fue evaluado en 5 oportunidades debido a su baja variabilidad de esta comparada a los demás parámetros que se requiere ser para más constante. En conclusión, el pH alcanzado a los 43 días fue de 7.4. Los rangos de temperatura fueron de 28.4°C a 30.6°C (Etapa de latencia), 30.6°C a 42.2°C (Etapa mesotérmica I), 42.2°C a 75.3°C (Etapa termogénica) y por último descendió hasta alcanzar los 41.1 °C (Etapa mesotérmica II). La humedad relativa no fue estable, pero esta se mantuvo en un rango de 70% y 80%.

Barros & González (2007) en su estudio de investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia del método aerobio para la clasificación y manejo de los residuos orgánicos y producción de compost a partir de los desechos sólidos como residuos de mercado y residuo ruminal del camal de Buena. El estudio de tipo experimental, se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial 3², se aplicó dos factores, el factor

A (residuo ruminal, residuo de mercado y la mezcla de los dos) y el factor B que corresponde al tiempo de descomposición del material utilizado (cuatro y cinco meses). Se concluye que el tratamiento para la aplicación en campo es el compost con uso de residuos de mercado con el tiempo de fermentación de 5 meses, teniendo en cuenta la deficiencia en fósforo.

Altamirano & Cabrera (2006) realizaron un proyecto de investigación que tuvo como objetivo establecer la comparación de dos muestras de compost de elaboración manual en poza uno con restos orgánicos (estiércol de vaca) y el otro con rastros (estiércol de cuy). El presente estudio es de tipo descriptivo y comparativo una técnica de pozas y dos métodos de elaboración de compost de estiércol seco de vaca con un tiempo de 3 meses más una semana (Poza 1) y estiércol seco de cuy con un tiempo de 4 meses más dos semanas (Poza 2). Se concluyó que el compost de estiércol de seco de vaca de la Poza 1, que prevaleció en los rangos establecidos de compost, así mismo, la elaboración manual de compost es una tecnología satisfactoria y apropiada en los países en vías de desarrollo.

Arancon et al. (2005) en su estudio de investigación tuvo como objetivo investigar los efectos de tres tipos de vermicompostajes, aplicados a dos velocidades de dosificación, sobre el crecimiento y los rendimientos de los pimientos (*Capsicum annuum*) en condiciones de igualdad de macronutrientes entre tratamientos. Para ello, los vermicompost procesados comercialmente, producidos a partir de desechos alimenticios, desperdicios de papel y estiércol, se aplicaron a parcelas de campo de 8.25 m², a tasas de 10 o 20 t/ha en 1999 y 5 o 10 t/ha en 2000. Los vermicompost se incorporó en los 10 cm superiores del suelo y se complementaron, basados en análisis químicos, con cantidades de fertilizantes NPK inorgánicos calculados para igualar inicialmente con las tasas de 95-95 NK kg/ha aplicadas a las parcelas de control de fertilizantes inorgánicos. Se realizó un

diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los investigadores descubrieron que las aplicaciones de vermicompost aumentaron significativamente el crecimiento y los rendimientos de los pimientos; incluyendo el tamaño de las hojas, biomasa de brotes de plantas y el peso de frutas comercializables. Asimismo, observaron que la aplicación de vermicompost a los suelos aumentó su actividad microbiana de biomasa y deshidrogenasa. Los investigadores señalaron que los materiales húmicos y otras sustancias que influyen en el crecimiento de las plantas, como las hormonas de crecimiento vegetal, producidas por microorganismos durante el vermicompostaje y producidas después de una mayor biomasa microbiana y actividad en los suelos, pudieron haber sido los responsables del aumento del crecimiento y rendimiento de la pimienta, independientemente de la disponibilidad de nutrientes.

Goyal et al. (2005) en su estudio determinaron los cambios de carbono orgánico (C), nitrógeno total (N), la relación carbono-nitrógeno (C:N), actividades de celulasa y proteasa, población microbiana durante el compostaje con diferentes desechos orgánicos, entre ellos mezcla de basura de caña de azúcar y estiércol de ganado, lodo de presión, desechos de aves y biomasa de jacintos de agua. Los investigadores observaron pérdidas de N en desechos de aves de corral y jacintos de agua con el efecto de un aumento inicial en la relación C:N que disminuyó más tarde debido a la descomposición. Las actividades de celulasa, xilanas y proteasa fueron máximas entre 30 y 60 días de compostaje en varios desechos. Se observó una tendencia similar con respecto a la población bacteriana y fúngica mesófila. Se compararon varios parámetros de calidad como relación C:N, C soluble en agua, evolución de CO₂ y nivel de sustancias húmicas después de 90 días de compostaje; se encontró una correlación estadísticamente significativa entre la relación C:N y la evolución de CO₂, y entre el C soluble en agua y el nivel de sustancias húmicas. Asimismo, se observó una correlación significativa entre la evolución del CO₂ y el nivel

de sustancias húmicas. En conclusión, el estudio demostró que no se puede tomar un solo parámetro como índice de madurez del compost. Sin embargo, la relación C: N y el CO₂ generado a partir del compost terminado se pueden tomar como los índices más confiables de madurez del compost.

López et al. (2001) realizaron un estudio en México con el título “Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz” con el objetivo evaluar el efecto de los abonos orgánicos sobre propiedades físicas y químicas del suelo. Para ello se evaluaron a cuatro tratamientos de abonos orgánicos a dosis de 20, 30 y 40 para caprino y de 4, 8 y 12 para gallinaza y un testigo con fertilización inorgánica. Entre los resultados en las propiedades físicas se observó que CC (capacidad de campo), PMP (porcentaje de marchitamiento permanente) y HA (humedad aprovechable) mostraron cambios en los valores antes y después de la aplicación; los valores después de la aplicación fueron 10% mayores, mientras que en las características químicas en MO (materia orgánica) hubo cambios en los tratamientos en 15%, los valores después de la siembra fueron mayores; se observó igual comportamiento con nitratos y fósforo. Sin embargo, no se registraron cambios significativos en pH, CE, Ca, Mg, Na y K. En conclusión, no existen diferencias estadísticas, pero se hubo un incremento aproximadamente de 10% del contenido de humedad del suelo para cada tratamiento antes y después de la aplicación de los abonos orgánicos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de Ejecución

El presente estudio se realizó en el campo experimental área verde propiedad de la Asociación Vivienda La Bloquetera del Distrito de Villa María del Triunfo, provincia Lima, departamento Lima. El tamaño del área verde fue 662.75 m². Geográficamente se localiza en las coordenadas 12°9'9.17" de latitud sur y 76°53'38.40" de longitud oeste, teniendo una altitud de 425.492 m.s.n.m (Figura 10 y 11).

Se encuentra limitado por:

- Por el Norte: Colinda con terrenos eriazos del estado peruano; con el A.H. Villa el Pedregal; con Lomas de Retamal y con la Junta de Posesionarios del Parque Industrial de Quebrada Retamal anexo 2-manchay.
- Por el Este: Colinda con terrenos eriazos del estado peruano; con la junta de posesionarios del parque industrial de quebrada retamal-anexo 2-manchay; y con la junta de posesionarios del parque industrial de quebrada retamal-anexo 4-manchay.
- Por el Sur: Colinda con terrenos eriazos del estado peruano.
- Por el Oeste: Colinda con terrenos eriazos del estado peruano.



Figura 10: Ubicación geográfica del lugar de Ejecución del proyecto

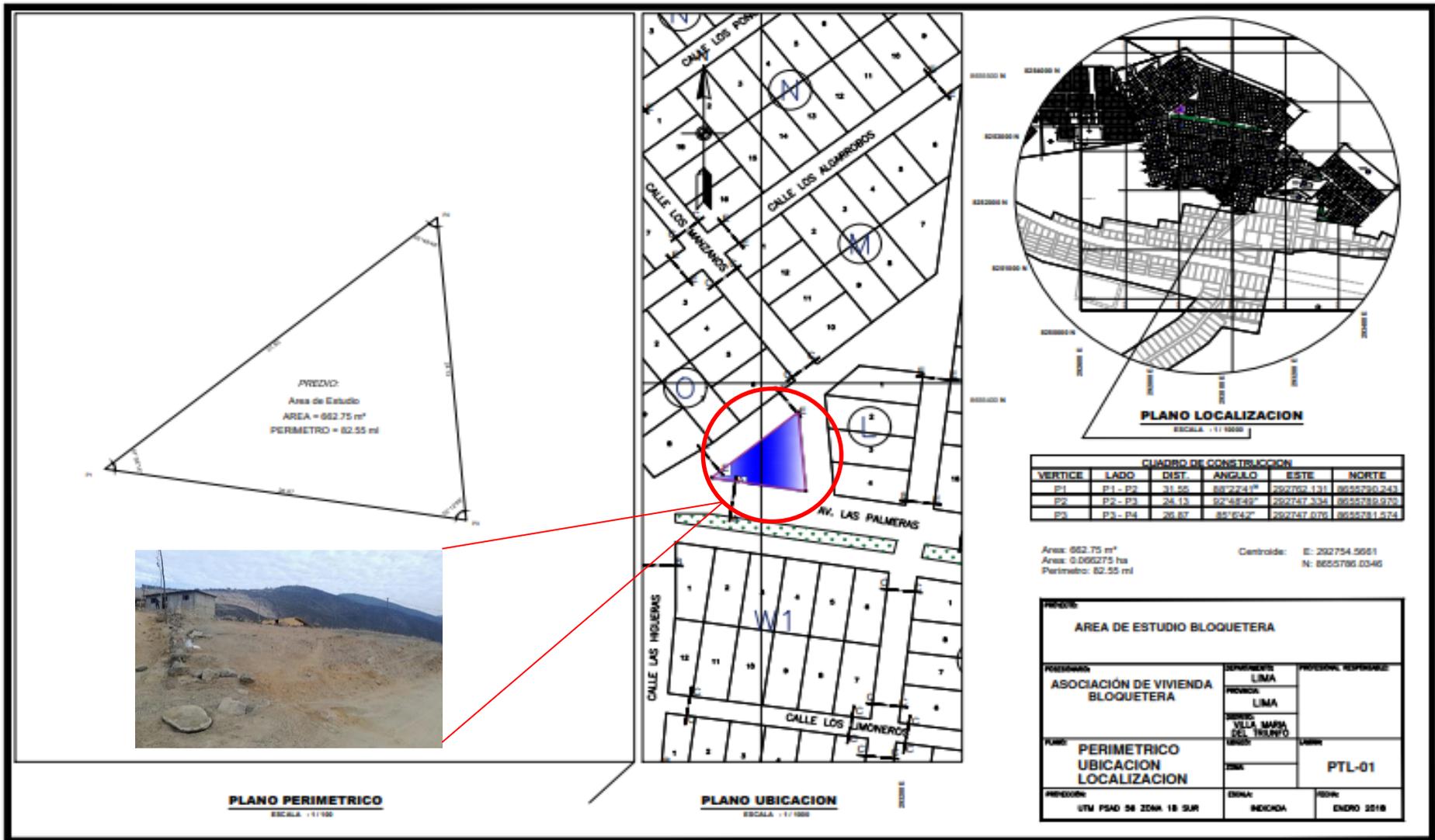


Figura 11: Ubicación geográfica del área de estudio

3.2 Materia Prima

Para el estudio se utilizó los residuos orgánicos provenientes de las viviendas y los residuos de estiércol vacuno provenientes del establo de la Asociación Bloquetera – VMT.

La tabla 19 muestra la lista de materia prima necesaria para el proceso de la investigación.

Tabla 19: *Porcentaje de uso de materia a utilizar en el Compostaje*

Tratamiento	Descripción de mezclas de enmiendas orgánica	Porciones de enmiendas orgánicas	Dosis Total
01	Residuos orgánicos vegetal (40 kg) +	57 % de Restos orgánicos Frescos de cocina +	Baja – 10 kg / árbol
	Tierra de cultivo (20 kg) +	29% tierra de cultivo +	Alta –
	Aserrín de madera (10 kg)	14% aserrín de madera	20 kg / árbol
02	Estiércol de Vaca (40 kg) +	57 % Estiércol de vaca +	Baja –
	Residuos orgánicos vegetal (20 kg) +	29% Restos orgánicos frescos de cocina +	10 kg / árbol Alta –
	Tierra de cultivo (10 kg)	14% tierra de cultivo	20 kg / árbol

3.3 Materiales, Equipos e Insumos

3.3.1 Materiales y Equipos para el muestreo de Suelos

- Barreta: cuerpo de acero especial de 1m de largo x 1” de diámetro
- Bolsas de plástico Ziploc transparentes con capacidad para dos kilogramos de suelo
- Marcadores de tinta indeleble faber Castell
- Libreta de notas
- Bolígrafo pilot

3.3.2 Materiales y Equipos para el proceso de Compostaje

- Agua potable para el riego en el proceso de compostaje
- Agua destilada para el seguimiento del pH en el proceso de compostaje
- Lampa recta de acero con mango de fibra color negro de 100 x 20 cm
- Plástico color negro de tamaño 2 x 11/2 m.
- Tijeras de podar con mangos de madera de longitud total de 56.8 cm.
- Manguera de 5 m
- Guantes quirúrgicos color blanco
- Carretilla de metal, color naranja
- Rastrillo de jardinería color naranja
- Tiras de prueba del pH
- Termómetro vasto

3.3.3 Materiales y Equipos para el Análisis físico-químico del suelo

- Informe de Resultados emitidos por el Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Agua y Fertilizantes - UNALM
- Lapicero pilot
- Libreta de notas
- Laptop de marca Lenovo y Acer

3.4 Tipo de Investigación

El tipo de investigación es experimental, debido que existe una manipulación de variables en condiciones controladas, llegando a observarse el grado en que las variables provocan un determinado efecto, por los tratamientos a los cuales son sometidos.

3.5 Variables de estudio

3.5.1 Variables Independientes

Tipo de Compost:

- Compost de residuos orgánicos vegetal + Aserrín + Tierra de Cultivo
- Compost de residuos orgánicos vegetal + Estiércol de vaca + Tierra Cultivo

Dosis de compost:

- 10 kg
- 20 kg

3.5.2 Variable Dependiente

Efectos causados por las variables independientes sobre las propiedades físico-químicas del suelo franco arenoso. Variables dependientes que están relacionadas con la fertilidad del suelo son:

- Textura (%)
- Densidad aparente (g/cm^3)
- Densidad real (g/cm^3)
- Humedad (%)
- Porosidad (%)
- Color
- pH
- Conductividad eléctrica (dS/m)
- Materia orgánica (%)
- Nitrógeno (%)
- Fosforo (ppm)
- Potasio (ppm)

3.6 Metodología Experimental

La figura 12 se detalla el flujo grama del proceso de investigación, el cual describe las fases sobre el Efecto del compost de Residuos orgánicos domésticos y estiércol vacuno sobre las propiedades físico-químico del suelo franco arenoso de la Asociación Vivienda la Bloquera-VMT.

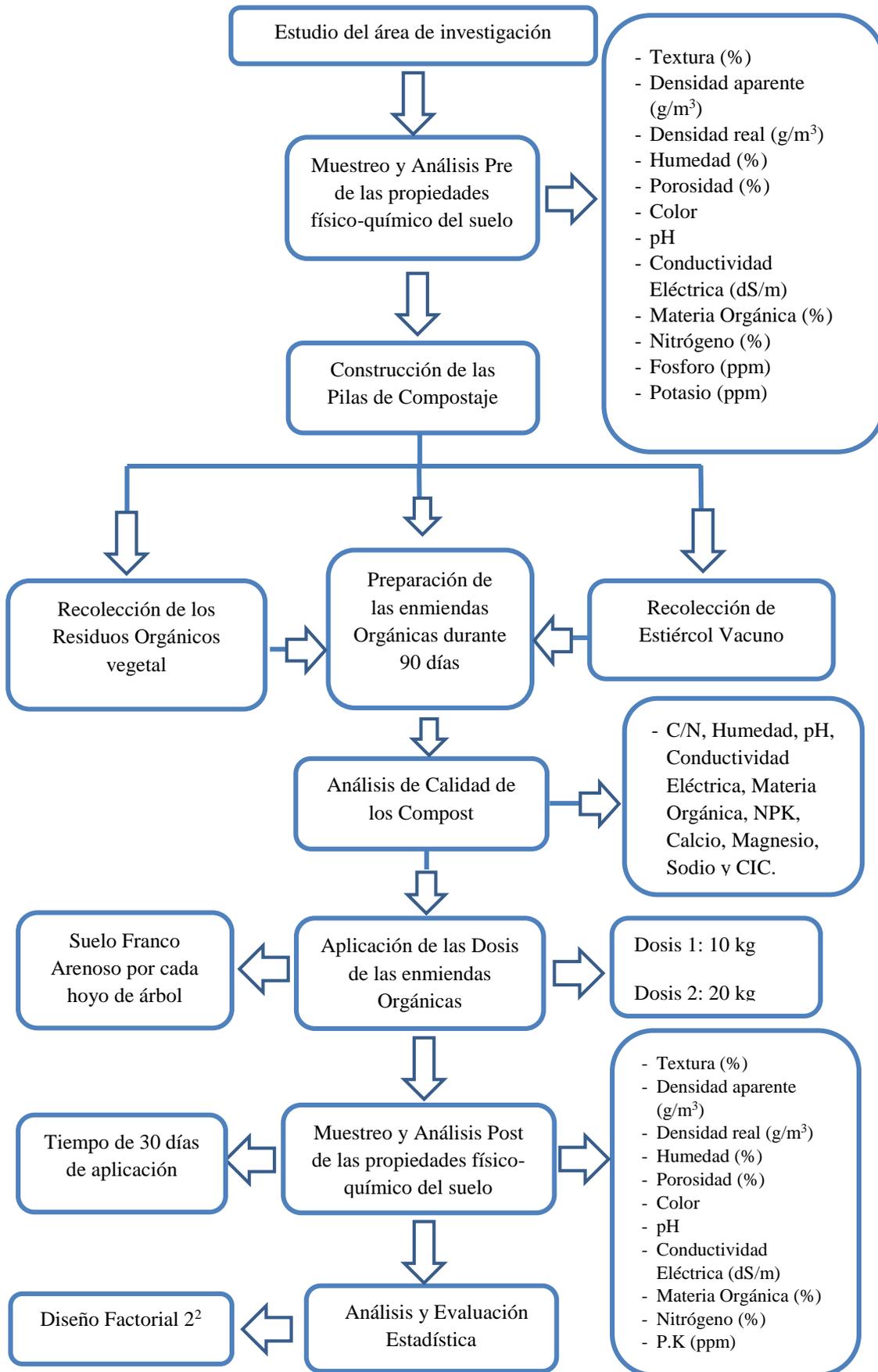


Figura 12: Proceso del Trabajo de Investigación

3.7 Planteamiento de la Investigación

El presente estudio se desarrolló en 3 fases:

Fase I: Diagnóstico Situacional del suelo (pre)

Esta fase comprende en la autorización del área de estudio, muestreo y pre análisis físico-químico de los parámetros de fertilidad de Textura (T), densidad aparente (Da), densidad real (Dr), humedad (H), porosidad (P), color, pH, conductividad eléctrica (CE), Materia Orgánica (MO), N.P.K del suelo.

Paso 1: Autorización del área de investigación

Se realizó la solicitud el permiso del área de estudio de la Asociación Vivienda La Bloquera, con la previa autorización expuesto por el presidente quién firmó la “La solicitud de permiso” en conformidad para la ejecución del proyecto de tesis (Anexo 1).

Paso 2: Muestreo del Suelo

Los puntos de muestreo se basaron según las especificaciones técnicas del Manual de Prácticas de Suelo (Bustanza et al., 2014).

El muestreo se realizó mediante la técnica ZigZag de media loma, se determinó tres (03) puntos, de los cuales se mezcló para obtener una (01) muestra compuesta de un 1 kg. La excavación de cada punto se realizó en forma aleatoria de 30 cm de profundidad y en una superficie de 10x10x3 cm. La tabla 20 muestra las coordenadas geográficas de la ubicación de los puntos de muestreo inicial.

Tabla 20: *Ubicación geográfica de los puntos de Muestreo del Suelo (Pre Análisis)*

Puntos de Muestreo Pre Análisis			
Ítem	Número de Muestra	Coordenadas Geográficas	
		Latitud	Longitud
Puntos de Estudio	1	12°9'6.10" S	36°53'47.29" O
	2	12°9'5.70" S	76°53'47.37" O
	3	12°9'5.96" S	76°53'47.72" O

Paso 3: Análisis inicial del Suelo

Luego de extraer la muestra compuesta de un 1 kg, fue depositada en una bolsa hermética (ziploc), dicha bolsa se rotuló de acuerdo a los datos solicitados por el laboratorio (Lugar de procedencia, fecha y tipo de análisis) y trasladada dentro de las 24 horas del día hacia el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) - Universidad Nacional Agraria la Molina (UNAM) para el análisis y caracterización respectiva del suelo.

De acuerdo a los resultados que se obtuvo, se preparó las pilas de compostaje de dos tipos de abono orgánico.

Fase II: Proceso de compostaje de dos tipos de materiales orgánicos

Esta fase comprende la preparación y evaluación del compost elaborado a partir de residuos orgánicos vegetal doméstico y estiércol de vaca. Se elaborarán ambos compost teniendo en cuenta las fases mesófilas, termófila, de enfriamiento y de maduración.

Paso 1: Construcción de la Pilas

- Se utilizó plástico de color negro
- Luego se diseñó la pila con dimensiones de 1 m de ancho x 2 m largo, cada pila de plástico, con la capacidad de almacenar 70 kg de material a compostar.



Figura 13: Dimensiones de las Pilas de Compostaje

Paso 2: Recolección de los Residuos Sólidos

- Se recolectó 40 kg de estiércol de vaca del establo de propiedad del Sr. Edgar Guardia de la Asociación Vivienda la Bloquetera -VTM.
- De la misma manera, para los residuos orgánicos domésticos se recolectó 60 kg de 6 viviendas conformados por 4 integrantes en cada vivienda.
- Además, se usó 10 kg de aserrín de madera.
- Con respecto a la tierra de cultivo, se compró 30 kg obtenida de una chacra de Pachacamac.

Paso 3: Proceso de Compostaje

- Se determinó dos tipos de tratamiento (compost) con sus respectivas cantidades de mezcla. Para la mezcla equilibrada de varios materiales a compostar se utilizó el método de relación C:N (Tabla 17), también mostrada en la figura 14.
 - Estiércol de vaca 25:1
 - Restos Orgánicos 14:1

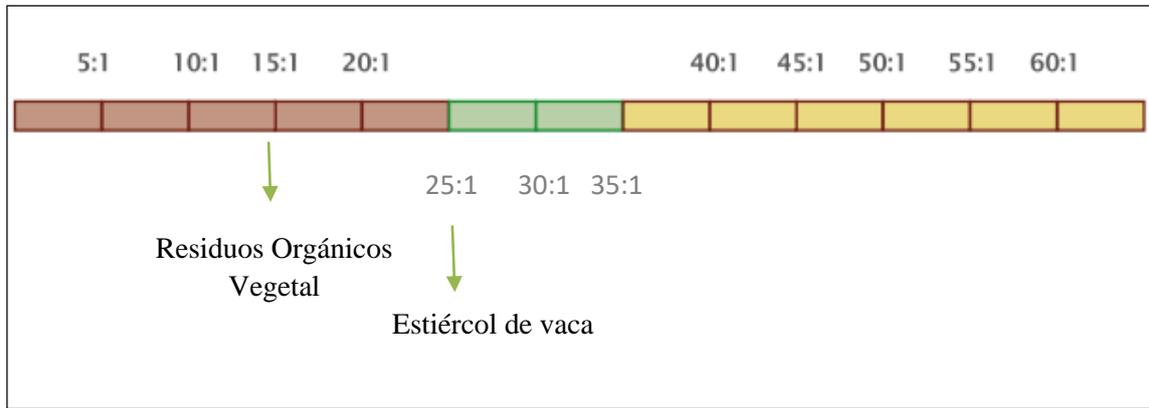


Figura 14: Relación de C/N de estiércol de vaca y residuos orgánicos domésticos

- En el caso del aserrín contiene alto contenido de carbono, lo cual, la cantidad agregada fue mínima en comparación a los residuos orgánicos (Figura 15).

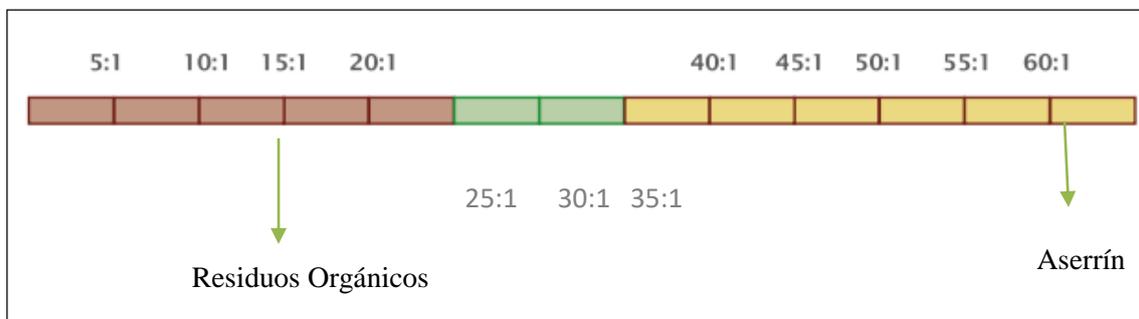


Figura 15: Relación de C/N de aserrín y Residuos Orgánicos domésticos

- Seguidamente, en la primera pila de compostaje se introdujo 40 kg Estiércol de vaca, 20 kg restos orgánicos de cocina (restos de verduras, tubérculos y hortalizas), provenientes de 06 viviendas y 10 kg de tierra de cultivo (Figura 16). Se agregó mayor cantidad de estiércol de vacuno para alcanzar la relación de carbono/nitrógeno de 30:1.

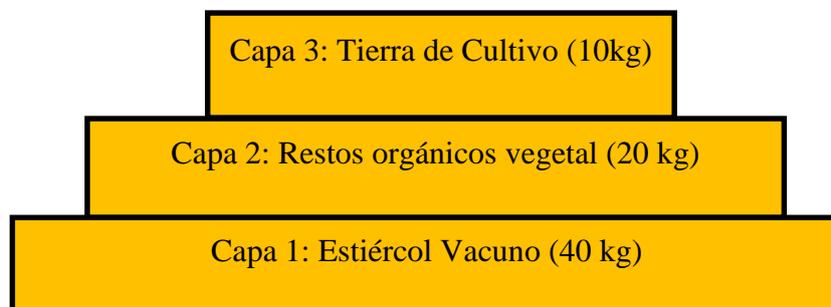


Figura 16: Diseño de la Conformación de la primera pila de compostaje

- Para la segunda pila de compostaje se introdujo 40 kg de restos orgánicos de cocina (restos de verduras, tubérculos y hortalizas), 10 kg de aserrín y 20 de tierra de cultivo (Figura 17).

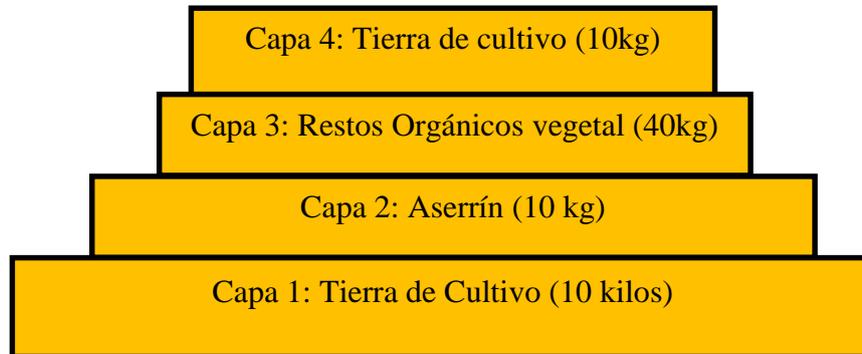


Figura 17: Diseño de la Conformación de la segunda pila de compostaje

- En cada pila de Compostaje se realizó el control de la temperatura, pH del proceso y humedad. La temperatura se midió con un termómetro Vástago, las mediciones de temperatura, pH fueron semanales, al igual que volteos y el riego a cada pila de compost.
- El proceso de compostaje consta de 4 fases: la fase mesófila con una duración de dos a cinco días, la termófila de la primera hasta la tercera semana, el enfriamiento de la segunda hasta La quinta semana y la fase de maduración se consideró después de los tres meses, etapa en que se realizaron todas las actividades de medición y volteos de la calidad del Compost.

Paso 4: Seguimiento de los Parámetros en el proceso de compostaje

El seguimiento de los valores de los parámetros medibles del compost en campo durante 90 días, permite tener el conocimiento del proceso del compostaje por ello es necesario realizar un monitoreo periódico de las pilas de compostaje. Los parámetros medibles fueron:

- Humedad: Es importante para los microorganismos, debido que usan el agua como medio de transporte de los nutrientes. El control de la humedad se aplicó la técnica

del Puño Cerrado sugerido por Manual del Agricultor de la FAO, donde se aplicó en un periodo una vez por semana en el volteo de las pilas de compostaje.



Figura 18: Pila de Compostaje

- **Temperatura:** Es el parámetro que indica las fases evolutivas de las comunidades microbianas encargadas de la degradación de la materia orgánica, inicialmente el valor de la temperatura es similar al del ambiente, posteriormente aumentará por la proliferación de los microorganismos y por último descenderá por el consumo del carbono y nitrógenos hasta estabilizar en un valor promedio de temperatura ambiente. La medición fue durante el día hora 12:00 am, realizado mediante el termómetro metálico de 35 cm, colocándolo en centro de la pila de compostaje a una profundidad de 30 cm.



Figura 19: Medición de la temperatura en las pilas de compostaje

- pH: Se determinó con uso de cintas, método conocido como indicador Universal de pH. Se tomó una muestra aleatoria de la pila compostaje ubicado en el punto medio de la pila a 40 cm de profundidad. Se agregó 10 ml de agua destilada y 5 gramos de muestras de la pila compostaje, luego se agito y por tres segundos se comparó las cintas con el indicador Universal para determinar el valor de pH.



Figura 20: Medición de la temperatura en las pilas de compostaje

Paso 5: Muestreo y Análisis de la Calidad del Compost

La toma de muestras se realizó teniendo en cuenta las consideraciones dadas por el laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF), en sus procedimientos de muestreo:

- Se dividió cada pila, en seis secciones de aproximadamente de igual volumen.
- En cada sección se excavo la pila marcada por una “X” (Figura 21), con ayuda de una pala, en profundidades de 2 cm, 4 cm y 6 cm, para obtener una sola muestra compuesta de la pila de compostaje.
- Se distribuyeron las muestras obtenidas en las respectivas bolsas herméticas (Figura 22).
- Se rotularon los recipientes y se procedió con el traslado hacia el laboratorio (Anexo 3: Informe de Análisis de las muestras en el laboratorio).

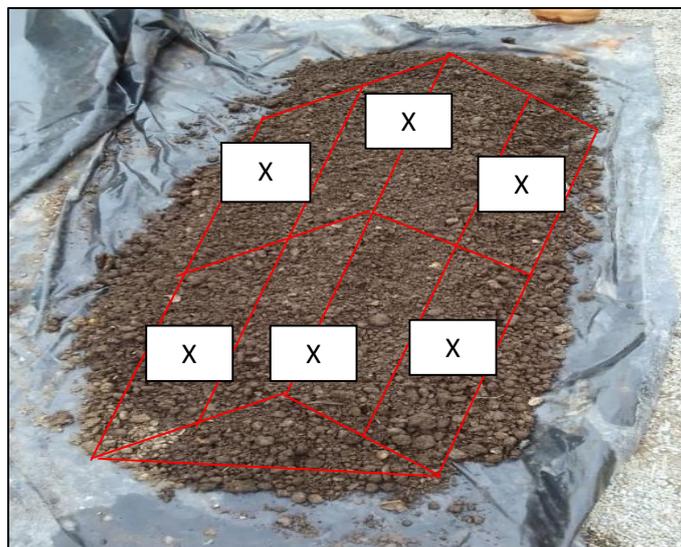


Figura 21: División para el muestreo de compost

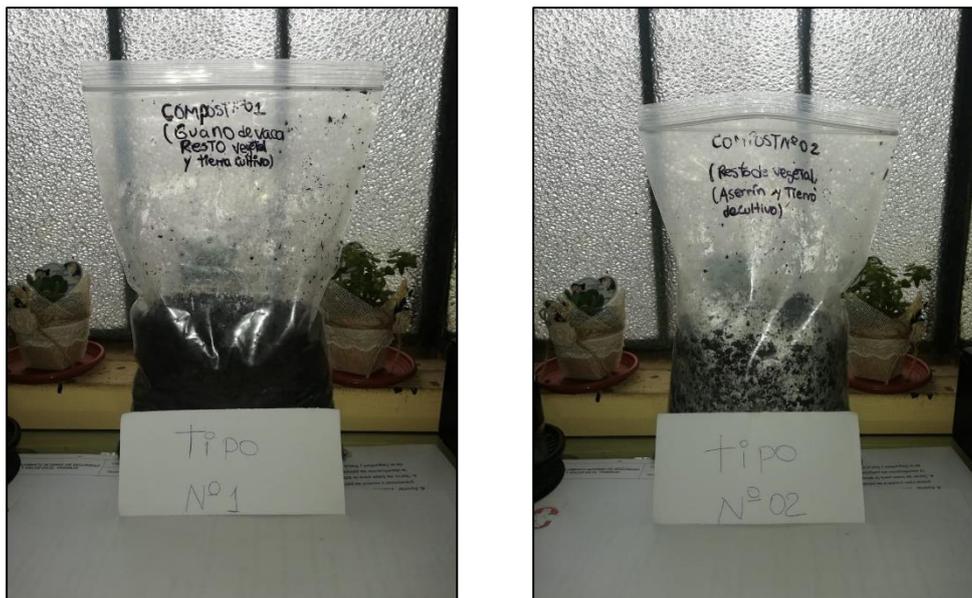


Figura 22: Muestras de compost de residuos domésticos y estiércol de vaca

- Los resultados del análisis del compost de residuos domésticos y estiércol de vaca se muestran en el anexo 3.

Fase III: Análisis fisicoquímico del suelo, al efecto de dos tipos de compost

En esta última Fase, se realizó los análisis de los parámetros físicos – químicos después de la incorporación de los tratamientos y dosis de fertilidad orgánica en el suelo franco arenoso de acuerdo al tiempo establecido (30 días) conteniendo una planta de nombre científico “ficus”.

Paso 1: Condiciones de instalación de los tratamientos en el Suelo franco arenoso

El suelo utilizado para la fertilización fue de la asociación la Bloquera - VMT, la figura 23 se observa las condiciones en que fueron instaladas.

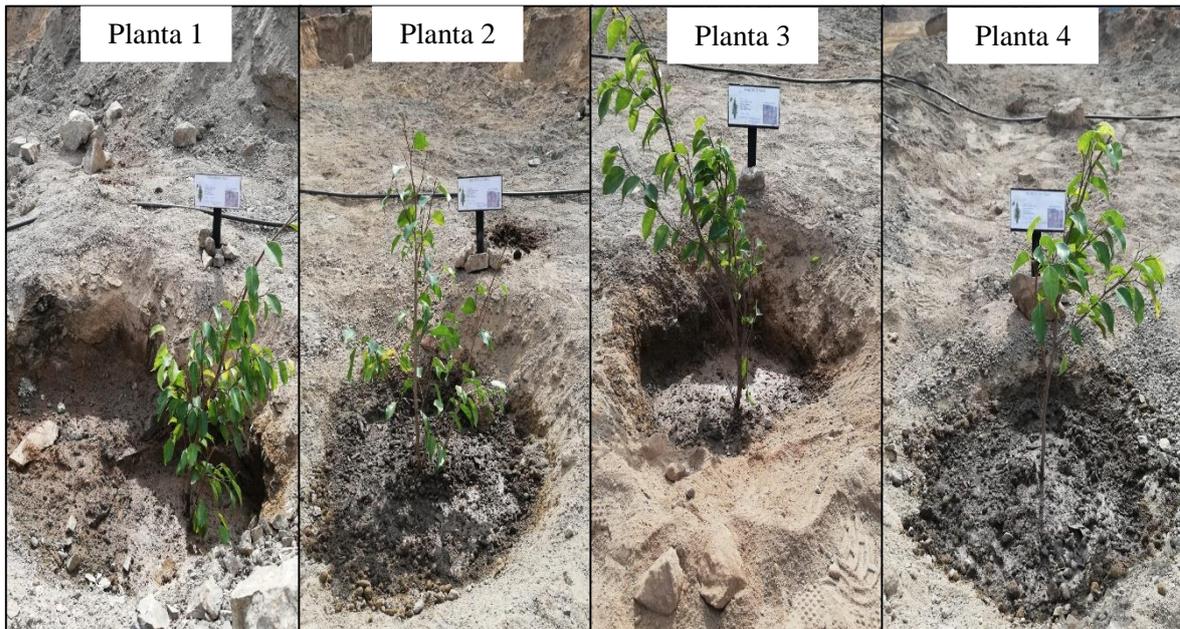


Figura 23: Suelo utilizado para la fertilización con la dosis y tipo de compost incorporado

Paso 2: Dosis del tipo de compost en suelo franco arenoso

La tabla 21 muestra la dosis y el tipo de compost empleadas para cada planta ficus.

Tabla 21: *Dosis y tipo de compost empleados en suelo*

Ítem de Plantas	Tipo de Compost	Dosis
1	Residuos orgánicos vegetal + Aserrín + Tierra de cultivo	10 kg
2	Residuos orgánicos vegetal + Estiércol de vaca + Tierra de Cultivo	20 kg
3	Residuos Orgánicos vegetal + Estiércol de vaca + Tierra de Cultivo	10 kg
4	Residuos Orgánicos vegetal + Aserrín + Tierra de Cultivo	20 kg

Paso 3: Análisis Físico - químico del suelo (post)

Los puntos de muestreo para el post análisis de los parámetros físico-químico, fueron cuatro (04) los cuales se tomó tres (03) muestras por cada punto, dando un total de doce (12) muestras de suelo de acuerdo al tiempo establecido (30 días) después de la incorporación de los tratamientos. La tabla 22 muestra las coordenadas geográficas de ubicación de los puntos de muestreo del post análisis del suelo.

Tabla 22: *Ubicación geográfica de los Puntos de Muestreo del Suelo (Post Análisis)*

Puntos de Muestreo Post Análisis			
Ítem	Número de Plantas	Coordenadas Geográficas	
		Latitud	Longitud
Puntos de tratamiento	Planta 1 (10 kg)	12°9'5.70" S	76°53'47.37" O
	Planta 2 (20 kg)	12°9'5.83" S	76°53'47.34" O
	Planta 3 (10 kg)	12°9'5.96" S	76°53'47.32" O
	Planta 4 (20 kg)	12°9'6.10" S	36°53'47.29" O

Los métodos utilizados para el análisis de los parámetros físico-químico fueron realizados por el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF), siguiendo la metodología estandarizada que se indica en la tabla 23.

Tabla 23: *Metodología de análisis para las determinaciones físicas y químicas del suelo*

Parámetros	Método
Físicos	
Textura	% de arena, limo y arcilla – Hidrómetro
Densidad Aparente	Método del Cilindro
Densidad Real	Método del Picnómetro

Humedad	Medidor de Humedad TDR150 - Porcentaje absoluto, así como el punto de marchitamiento o el grado de saturación del suelo o tierra.
Porosidad	Determinada por las densidad real y aparente que se expresa como el porcentaje del volumen del suelo ocupado por poros.
Color	Tabla de colores (Tabla Munsell)
Químicas	
pH	Potenciómetro en suspensión suelo – agua relación 1:1
Conductividad eléctrica	Conductímetro portátil de saturación en relación suelo: agua 1:1
Materia Orgánica	Método de una combustión húmeda de Walkley y Black mediante la oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio.
Nitrógeno	Método de Kjeldahl
Fósforo	Olsen modificado de extracción con NaHCO ₃ 0.5N, pH 8.5.
Potasio	Extracción con acetato de amonio y lectura por espectrofotometría de absorción atómica.
Fuente: Laboratorio de análisis de Suelo, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF)	

3.8 Análisis Estadístico

Con los datos obtenidos fueron analizados mediante el diseño factorial 2² con tres repeticiones (tabla 21), donde se evaluó los efectos principales (tipo de compostaje y dosis aplicado) así como la interacción de los efectos.

El modelo estadístico para el Diseño Factorial 2² es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1,2 \quad j = 1,2 \quad k = 1,2, \dots, n$$

Donde:

Y_{ijk} = La puntuación del sujeto k bajo la combinación del i valor del factor A y el j valor del factor B.

μ = La media común a todos los datos del experimento.

α_i = Es el efecto o impacto de *i-ésimo* nivel del tipo de compost.

β_j = Es el efecto del *j-ésimo* nivel de dosis aplicado.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el *i* valor de A y el *j* valor de B.

ε_{ijk} = Error experimental o efecto aleatorio de muestreo.

Tabla 24: *Diseño Factorial 2²*

Factor	Niveles	
	-1: Bajo	+1: Alto
1: Tipo de compostaje	Residuos Orgánicos vegetal + Aserrín + Tierra de cultivo	Residuos Orgánicos vegetal + Estiércol de vaca + Tierra de cultivo
2: Dosis de aplicación	10 kg	20 kg

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Análisis Físico-químico del Suelo (Pre y Post)

En la tabla 25 muestra los parámetros de los compost en comparación con los valores ideales establecidos para ser aplicado al suelo según Guizado (2018). Así mismo, la tabla 26 muestra los resultados de la caracterización físico - química del suelo, sus valores previos a la incorporación y después de los tratamientos de fertilización orgánica. Este suelo presentó conductividad eléctrica alta con problemas de sales, el pH fuertemente alcalino característico de algunos suelos de la costa (Ramírez, 2016), humedad baja, esto se debe al menor porcentaje de microporosidad, por el bajo porcentaje de arcilla y materia orgánica (Alegre, 1997), porosidad 42.8% y con densidad aparente promedio de 1.55 g/cm³ y densidad real de 2.71 g/cm³. Según Hossne et al. (2011) tomando estos valores se considera un suelo franco arenoso.

La tabla 27 muestra la distribución de repeticiones de acuerdo al diseño factorial 2² de las propiedades físico-químicas del suelo en función al tipo de compost y dosis.

Tabla 25: *Análisis físico – químico de los compost*

Parámetros	Rango Ideal	Compost 1	Compost 2
Potencial Hidrogeno (pH)	5.0 – 8.5	7.70	8.65
Conductividad eléctrica (dS/m) *	3-8	2.77	20.80
Materia Orgánica %	>20%	9.94	15.85
Nitrógeno (N) %	1.4 – 3.5	0.43	0.74
Fosforo (P ₂ O ₅) %	1.4 – 3.5	0.48	0.60
Potasio (K ₂ O ₅) %	>1 %	0.61	2.02
Calcio (CaO) %	>1 %	3.14	5.16
Magnesio (MgO) %	>1 %	1.65	2.56
Humedad %	30%-45%	39.40	45.97
Sodio (Na) %	-	0.29	0.75
Relación de carbono y Nitrógeno (C/N)	<15	13.56	12.45
Capacidad de Intercambio catiónico (meq/100g) *	<167 cmol/kg	19.20	22.72

Compost 1: Residuos orgánico vegetal (57%) + aserrín (14%) + tierra de cultivo (29%). Compost 2: Residuos orgánicos vegetal (29%) + Estiércol vacuno (57%) + tierra de cultivo (14%). Fuente: Guizado (2018).

Tabla 26: *Análisis Físico- Químico pre y post del suelo*

Parámetros	Post análisis en Función a Tipo de compost y Dosis				
	Pre análisis	Compost 1		Compost 2	
		10 kg	20 kg	10 kg	20 kg
Conductividad eléctrica (dS/m)	12.5	4.73	4.82	9.40	9.11
pH	8.10	7.78	7.65	8.10	8.11
Humedad (%)	1.86	18.82	24.78	25.10	31.72
Porosidad (%)	42.8	48.40	49.93	44.40	46.26
Densidad Aparente (g/cm ³)	1.55	1.34	1.27	1.45	1.32
Densidad Real (g/cm ³)	2.71	2.60	2.53	2.60	2.46
Fósforo (ppm)	6.3	29.07	39.17	69.27	124.07
Nitrógeno (%)	0.01	0.10	0.14	0.18	0.28
Potasio (ppm)	190	686	817	2447	3893
Materia Orgánica (%)	0.05	2.44	3.50	2.53	4.44
Textura (Arena-limo-arcilla) %	Fr.A. 77-12-11	Fr.A. 75-17-8	Fr.A. 74-18-8	Fr.A. 74-19-7	Fr.A. 74-18-8
Color Munsell	2.5 YR 6/3 Marrón Pálido	10 YR 5/3 Pardo	10 YR 5/3 Pardo Grisáceo	10 YR 5/3 Pardo	10 YR 5/3 Pardo

Compost 1: Residuos orgánico vegetal (57%) + aserrín (14%) + tierra de cultivo (29%). Compost 2: Residuos orgánicos vegetal (29%) + Estiércol vacuno (57%) + tierra de cultivo (14%). Fr. A. (Franco Arenoso).

Tabla 27: Distribución de repeticiones de acuerdo al diseño factorial 2²

N° de Repetición	Tipo de Compost	Dosis	Conductividad Eléctrica (dS/m)	pH	Humedad (%)	Porosidad (%)	Densidad Aparente (g/cm ³)	Densidad Real (g/cm ³)	Fósforo (ppm)	Nitrógeno (%)	Potasio (ppm)	Materia Orgánica (%)
1	-1	-1	4.33	7.77	21.13	49.03	1.32	2.59	31.20	0.13	752.00	2.99
1	+1	-1	10.39	8.10	26.95	46.22	1.35	2.51	71.00	0.2	2610.00	2.71
1	-1	+1	5.24	7.73	25.75	48.80	1.28	2.50	36.40	0.12	904.00	3.86
1	+1	+1	8.30	8.10	25.09	45.78	1.35	2.49	116.10	0.25	3250.00	3.39
2	-1	-1	4.95	7.69	17.72	49.43	1.32	2.61	30.30	0.09	656.00	2.07
2	+1	-1	9.40	8.10	21.79	43.07	1.56	2.74	63.50	0.17	2180.00	2.11
2	-1	+1	5.02	7.48	24.55	50.98	1.25	2.55	43.10	0.15	788.00	3.30
2	+1	+1	10.10	8.10	30.10	48.79	1.27	2.48	100.80	0.24	4980.00	3.94
3	-1	-1	4.90	7.89	17.62	46.74	1.39	2.61	25.70	0.09	650.00	2.25
3	+1	-1	6.42	8.10	26.56	43.92	1.43	2.55	73.30	0.18	2550.00	2.76
3	-1	+1	5.20	7.73	24.03	50.00	1.27	2.54	38.00	0.14	760.00	3.34
3	+1	+1	8.92	8.14	39.97	44.21	1.35	2.42	155.30	0.35	3450.00	6.00

4.2 Evaluación del efecto de los tipos de Compost y Dosis sobre las propiedades Físico-químico del Suelo

a. Conductividad Eléctrica en el Suelo (dS/m)

La tabla 28 muestra el análisis de varianza de la Conductividad Eléctrica (CE) del suelo, siendo factor principal el compost 1 (Residuos orgánicos vegetal + Aserrín + Tierra de cultivo) y compost 2 (Residuos orgánicos vegetal + Estiércol de vaca + Tierra de cultivo) altamente significativo (P valúe <0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, indicando que el tipo de compost reduce la conductividad eléctrica del suelo.

Sin embargo, los factores dosis (10 kg y 20 kg) e interacción resultaron no significativos, es decir, que la aplicación en función de dosis produce una respuesta similar o igual en dicho parámetro.

Tabla 28: *Análisis de Varianza – ANOVA de Conductividad Eléctrica*

F.V	SC	GL	CM	F	P
Bloques	2.13812	2	1.06906	0.76917	0.504229
Tipos de Compost	47.56101	1	47.56101	34.21922	0.001101
Dosis	0.47601	1	0.47601	0.34248	0.579729
Interacción	0.00241	1	0.00241	0.00173	0.968147
Error	8.33935	6	1.38989		
Total SC	58.51689	11			

En la figura 24 muestra que el factor independiente (Compost 1) reduce en un 58% y 62% al valor inicial de la conductividad eléctrica del suelo a diferencia del compost 2. Esta reducción resulta de la liberación de iones de la materia orgánica en el proceso de mineralización, originando el mecanismo de adsorción iónica de sales tóxicas en amonio y nitrato, por el aporte de compuestos orgánicos que permiten formar sales estables como ácidos húmicos y ácidos fúlvicos y por la actividad microbiana principalmente por los hongos y bacterias (Mogollón et al., 2001). Así mismo, el

contenido de sales varía no solo por la aplicación de la materia orgánica sino también por las condiciones de riego (Moscol, 2018), fenómeno determinado como el lavado de sales causando la distribución de estas sales hacia lo más profundo del suelo o acuíferos más cercanos (Manzano et al., 2014), al mismo tiempo, García (2012) el lavado de sales no elimina el alto contenido de conductividad eléctrica en el suelo, por ello, se debe considerar la concentración, tipo de material y dosis de la enmienda orgánica, antes de ser aplicado al suelo.

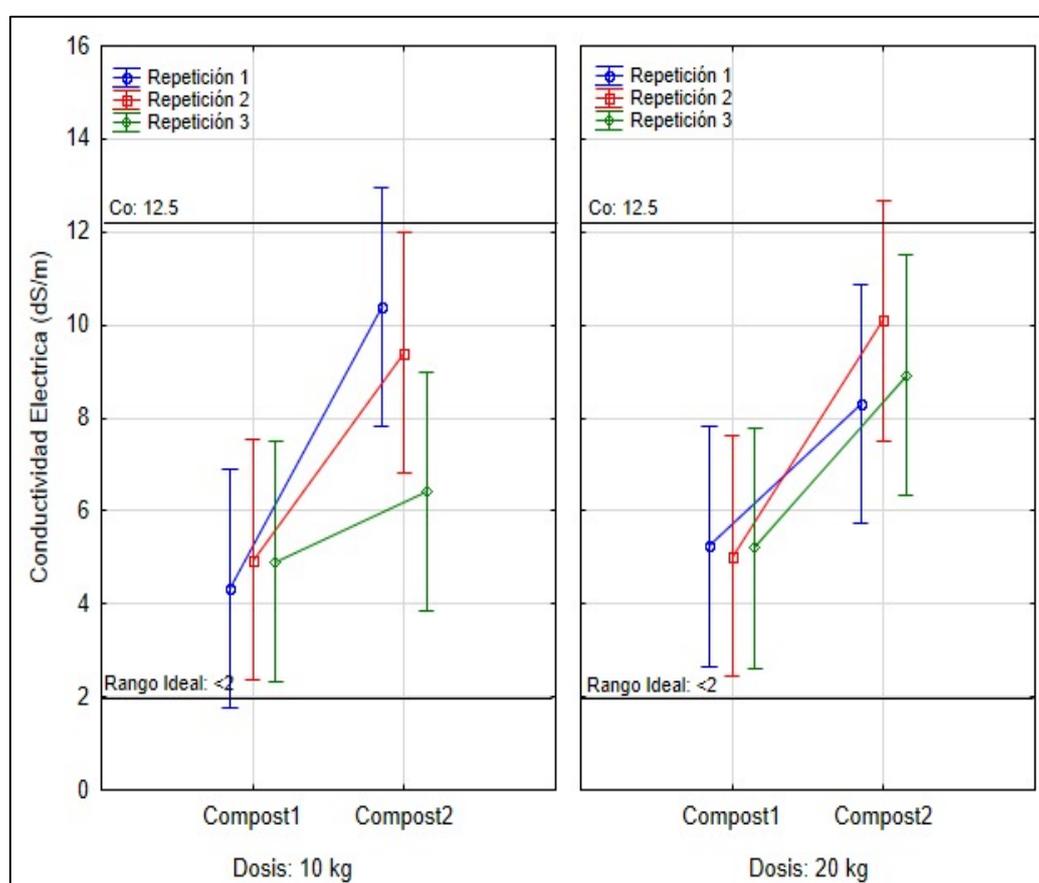


Figura 24: Análisis de la Reducción del efecto en la Conductividad eléctrica del suelo

Valores bajos de conductividad eléctrica en el suelo evitan problemas de fitotoxicidad en las plantas por efecto osmótico (Bárbaro, 2011) y permiten una adecuada absorción de la solución suelo en las raíces de las plantas (Gambo, 2016), solución suelo conocida como agua disponible o agua del suelo para el transporte de esenciales nutrientes (Narváez et al., 2015).

b. Potencial de Hidrogeno (pH)

La Tabla 29 muestra el análisis de varianza del Potencial Hidrogeno (pH) del suelo, la aplicación del tipo de compost, compost 1 (residuos orgánicos vegetal + aserrín + tierra de cultivo) y el compost 2 (Residuos orgánicos vegetal + estiércol de vaca + tierra de cultivo), presenten diferencia significativa en los valores del pH ($P \text{ value} < 0.05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

Sin embargo, en la dosis (10 kg y 20) e interacción no existe diferencia significativa en el potencial de hidrogeno, es decir, que el efecto produce una respuesta similar o igual.

Tabla 29: *Análisis de Varianza – ANOVA de Potencial Hidrogeno (pH)*

F.V	SC	GL	CM	F	P
Bloques	0.031217	2	0.015608	2.94651	0.128403
Tipos de Compost	0.460208	1	0.460208	86.87729	0.000086
Dosis	0.011408	1	0.011408	2.15364	0.192605
Interacción	0.016875	1	0.016875	3.18563	0.124540
Error	0.031783	6	0.005297		
Total SC	0.551492	11			

En la figura 25 muestra que el compost 1 reduce el valor potencial hidrógeno un 4% y 6% con dosis de 10 y 20 kg en el suelo, esto significa que aplicar compost con menor pH (7.70) comparado con el pH del suelo franco arenoso pre (8.10) se obtendrá valores menores de pH, estos resultados corroboran con Bárbaro (2011) para reducir el potencial hidrógeno es necesario aplicar en el suelo materiales orgánicos con valores bajos de pH, así mismo, menciona que cuando el pH es menor en el suelo es porque

existe mayor descomposición del material vegetal y los restos pierden su estructura original.

El menor valor del Potencial de Hidrógeno (pH) en el suelo obtenido por el compost 1, se debe por la actividad microbiana presente en el compost (Vásquez & Loli, 2018), así mismo, Moreno et al. (2014) indica que es originado por la degradación del material orgánico que produce ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, y el proceso de la mineralización del nitrógeno y fósforo por la formación de amonio a partir de la degradación de las proteínas.

Durante el proceso de humificación (degradación de la materia orgánica) aportan en el suelo sustancias ácidos orgánicos que liberan protones H^+ (Aguilera 2000). en el suelo franco arenoso considerado una solución alcalina por su cantidad de hidroxilo y decepciona hidrógeno que ayuda a equilibrar la concentración H^+ en la reacción del suelo (base y ácido) para alcanzar al rango ideal 6.5. de suelo productivo que permite mayor disponibilidad de nutriente para las plantas (Toledo, 2016).

Además, Huang & Chen (2010) indica que el proceso de la mineralización, el contenido de nitrógeno de los materiales vegetales provocan inicialmente un valor alto de pH por la producción de amonio que consume protones de hidrógeno por tener carga positiva, después el amonio pasa por un proceso de nitrificación para formar nitratos con carga negativa que libera protones reduciendo el pH en el suelo, así mismo, Ramírez (1997) indica que este proceso solo se da en valores cercanos a pH 7 donde las bacterias encargadas de la nitrificación.

pH comprendidos entre 5.5 a 6.5 en el suelo permiten el crecimiento de diversas plantas y determina la solubilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos en

la mineralización de la materia orgánica y la concentración de iones (Alconada et al., 2018).

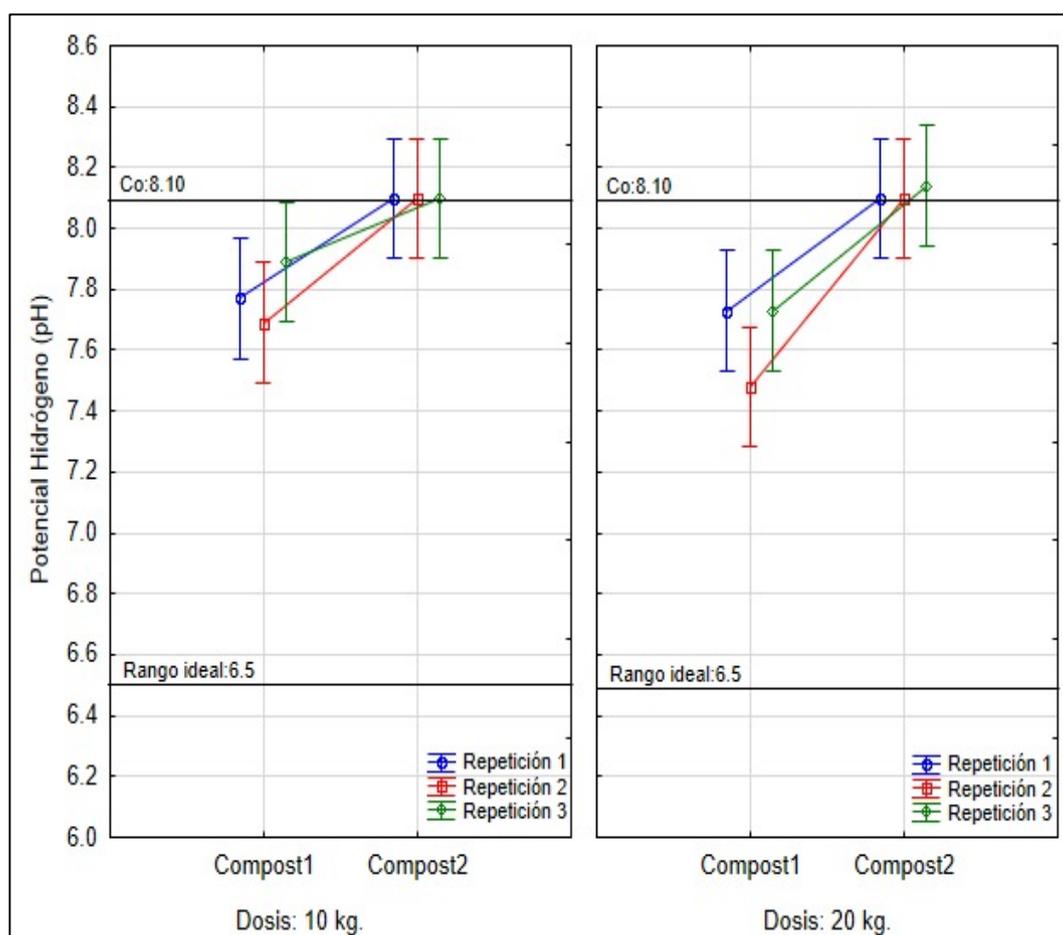


Figura 25: Análisis de la Reducción del efecto en el Potencial de Hidrogeno del suelo

c. Humedad (H)

La tabla 30 muestra el análisis de varianza de la humedad (%) del suelo, siendo factores principales el tipo de compost (Residuos orgánicos vegetal + Aserrín + Tierra de cultivo y Residuos orgánicos vegetal + Estiércol de vaca + Tierra de cultivo) y dosis (10 kg y 20 kg) altamente significativo (P valúe < 0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, indicando que el tipo de compost y dosis afectó en el aumento de la humedad en el suelo.

Sin embargo, la interacción de tipo de compost y dosis no existe diferencia significativa sobre el aumento de humedad en el suelo.

Tabla 30: *Análisis de Varianza – ANOVA de la Humedad*

F.V	SC	GL	CM	F	P
Bloques	25.4138	2	12.7069	0.661344	0.550101
Tipos de Compost	131.0763	1	131.0763	6.822003	0.040019
Dosis	118.5665	1	118.5665	6.170919	0.047538
Interacción	0.3333	1	0.3333	0.017349	0.899516
Error	115.2825	6	19.2138		
Total SC	390.6725	11			

En la figura 26 muestra que el compost 2 (Residuos orgánicos vegetal + Estiércol de vaca + Tierra de cultivo) con dosis de 20 kg aumentó en un 85% a las condiciones ideales de suelo productivo (<35%). Según Chappa (2018) el incremento de la humedad en el suelo se da por la aplicación de abonos orgánicos de origen vegetal y animal, porque incrementa la retención de humedad, disminuye la densidad aparente y mejora la estructura del espacio poroso del suelo. El abono orgánico de origen animal (estiércoles) a diferencia del vegetal, influyen en la retención de humedad por tener un alto contenido de humedad que fluctúan entre el 60% y 85% (Cabrera, 2007).

Por otro lado, Unger et al, (1991) mencionan que a mayor dosis de materia orgánica mayor es la retención de humedad en el suelo. Esto corrobora con el resultado de contenido de humedad (%) del compost 2 a dosis de 20 kg, siendo de 45.97% al ser aplicado en el suelo. Así mismo, el riego manual periódicamente influye en el aumento del contenido de humedad, dependiendo del volumen de agua aplicado en el suelo (Zotarelli et al., 2013).

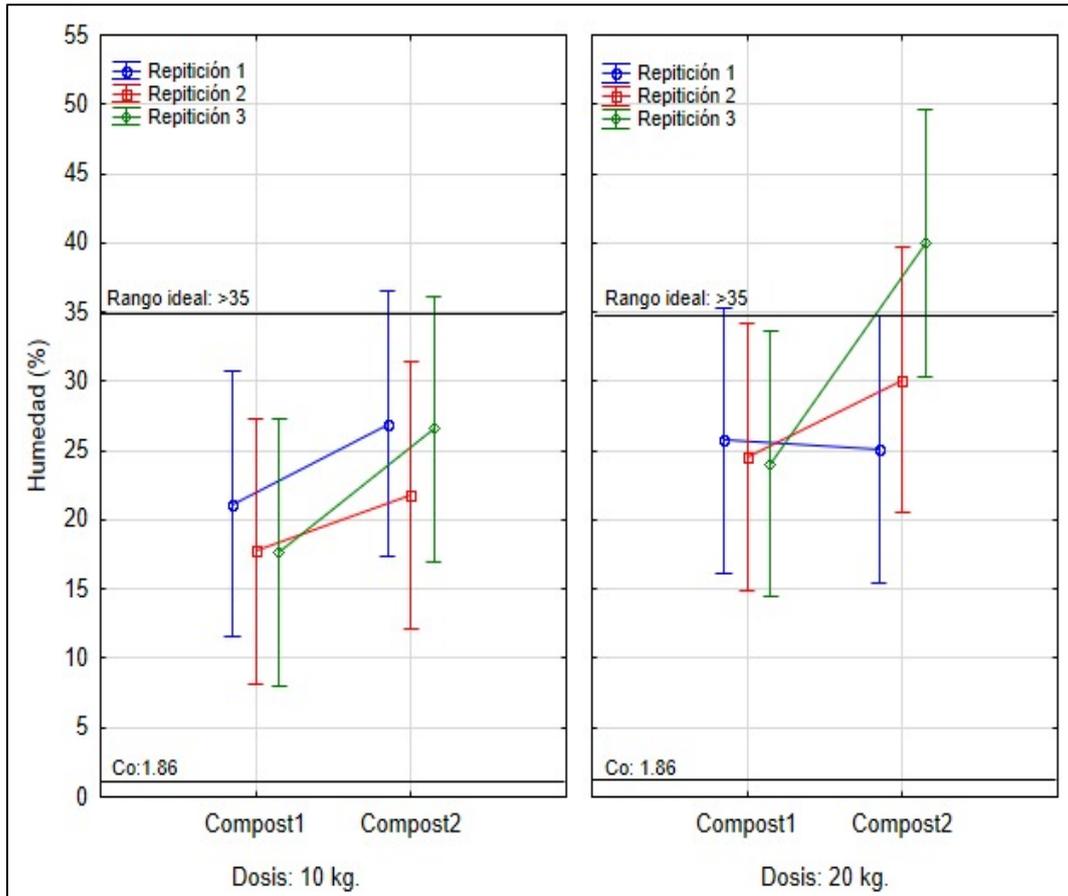


Figura 26: Análisis del efecto en la humedad del suelo

Valores > 30% de humedad en el suelo favorecen la absorción de agua a las plantas para su crecimiento, agua que es retenida por el suelo debido a las fuerzas de tensión superficial del agua. Fuerza que consiste en mantener la cantidad de agua adherida a las partículas del suelo (AgroForum, 2018). Así mismo, Gumuzzio (2018) indica que la humedad retenida en el suelo sirve como medio de transporte de nutrientes e influye en la actividad microbiana del suelo afectando a las células osmóticas de las plantas (Julca et al., 2006).

d. Porosidad (P)

La tabla 31 muestra el análisis de varianza de la porosidad (%) del suelo, donde el tipo de compost (Residuos orgánicos vegetal + Aserrín + Tierra de cultivo y Residuos Orgánicos Vegetal + Estiércol Vacuno + Tierra de cultivo) existen diferencia significativa en los valores de la porosidad (P valúe <0.05). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, indicando que el efecto del tipo de compost produce un aumento independientemente de la dosis.

Sin embargo, la dosis (10 kg y 20 kg) e interacción no existe diferencia significativa sobre el aumento de porosidad en el suelo.

Tabla 31: *Análisis de Varianza – ANOVA de la Porosidad*

F.V	SC	GL	CM	F	P
Bloques	7.10960	2	3.55480	1.36430	0.324803
Tipos de Compost	44.04501	1	44.04501	16.90405	0.006276
Dosis	8.58521	1	8.58521	3.29492	0.119413
Interacción	0.08168	1	0.08168	0.03135	0.865296
Error	15.63353	6	2.60559		
Total SC	75.45502	11			

La figura 27 se observa que el compost 1 (Residuos orgánicos vegetal + Aserrín + Tierra de cultivo) con dosis de 10 y 20 kg aumenta el porcentaje de porosidad en un 10% y 13% a las condiciones ideales de suelo productivo ($>35\%$). Según Astulla (2019) el incremento de la porosidad se debe al aumento de materia orgánica en el suelo, causando el número poros de mayor diámetro. Así mismo, Martínez et al. (2008) siendo la materia orgánica de baja densidad aparente, provoca el aumento de porosidad facilitando la penetración de las raíces de las plantas en el suelo.

Sin embargo, Moreira (2011) afirma que el incremento de porosidad se da por la liberación de carbono orgánico lábil presente en la materia orgánica, debido a la rápida descomposición y tamaño de los agregados (Lao, 2017), cabe mencionar que el compost 1 aplicada en el presente estudio tiene una relación C/N de 14:1 a diferencia del compost 2, es decir, que la relación C/N modifica la compactación del suelo, por ende aumentando la macroporosidad del mismo (Martínez et al., 2008). Además, el compost 1 contiene material lábil como polisacáridos y otras sustancias no húmicas y de fácil descomposición presente en el proceso de mineralización de la materia orgánica (Lao, 2017).

Por otro lado, la porosidad se ve afectada por el tipo de residuos y dosis añadida (Gómez & Navarro 2017).

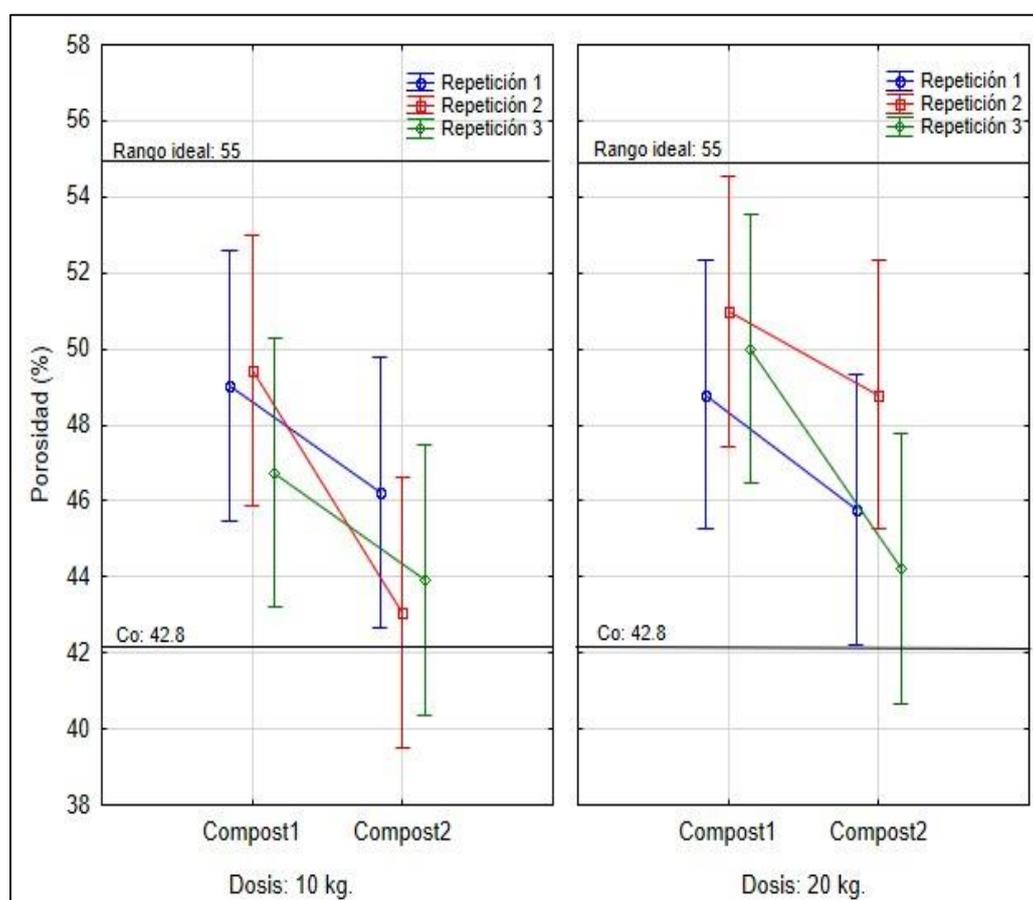


Figura 27: Análisis del efecto en la porosidad del suelo

Valores > a 35% de porosidad en el suelo favorece el crecimiento de las raíces en las plantas debido a la alta disponibilidad de agua, aire, poca filtración de agua y mayor espacio para la penetración de raíces en el suelo (Hosokay, 2012).

e. Densidad Aparente (Da)

La tabla 32 muestra el análisis de varianza de la densidad aparente (g/cm³) del suelo, siendo factor principal la dosis de 10 kg y 20 kg altamente significativo (P value < 0.05), rechazando la hipótesis nula.

Sin embargo, el tipo de compost e interacción no existe diferencia significativa sobre la reducción de la densidad aparente (Da) en el suelo.

Tabla 32: *Análisis de Varianza – ANOVA de la Densidad Aparente*

F.V	SC	GL	CM	F	P
Bloques	0.002600	2	0.001300	0.279904	0.765209
Tipos de Compost	0.019200	1	0.019200	4.133971	0.088270
Dosis	0.030000	1	0.030000	6.4593330	0.043991
Interacción	0.001633	1	0.001633	0.351675	0.574823
Error	0.027867	6	0.004644		
Total SC	0.081300	11			

En la figura 28 muestra que la dosis de 20 kg reduce en un 23% y 28% a las condiciones ideales de suelo productivo (<1). Según Tortosa (2011) la aplicación de materia orgánica al suelo reduce la densidad aparente. A mayor dosis de carbón orgánico disponible en la materia orgánica y mayor espacio poroso disminuye la densidad aparente y a su vez su compactación (Salamanca & Sadeghian, 2005).

Así mismo, Huachi (2008) menciona que la densidad aparente disminuye por la baja densidad de la materia orgánica, el cual contribuye la formación y estabilidad de agregados en el suelo mediante la presencia de polisacáridos y sustancias no húmicas

de rápida descomposición presentes en el suelo (Tortosa, 2011), y además disminuye por la poca actividad microbiana de la materia orgánica que sirve como volumen del suelo (Barrios, 2011).

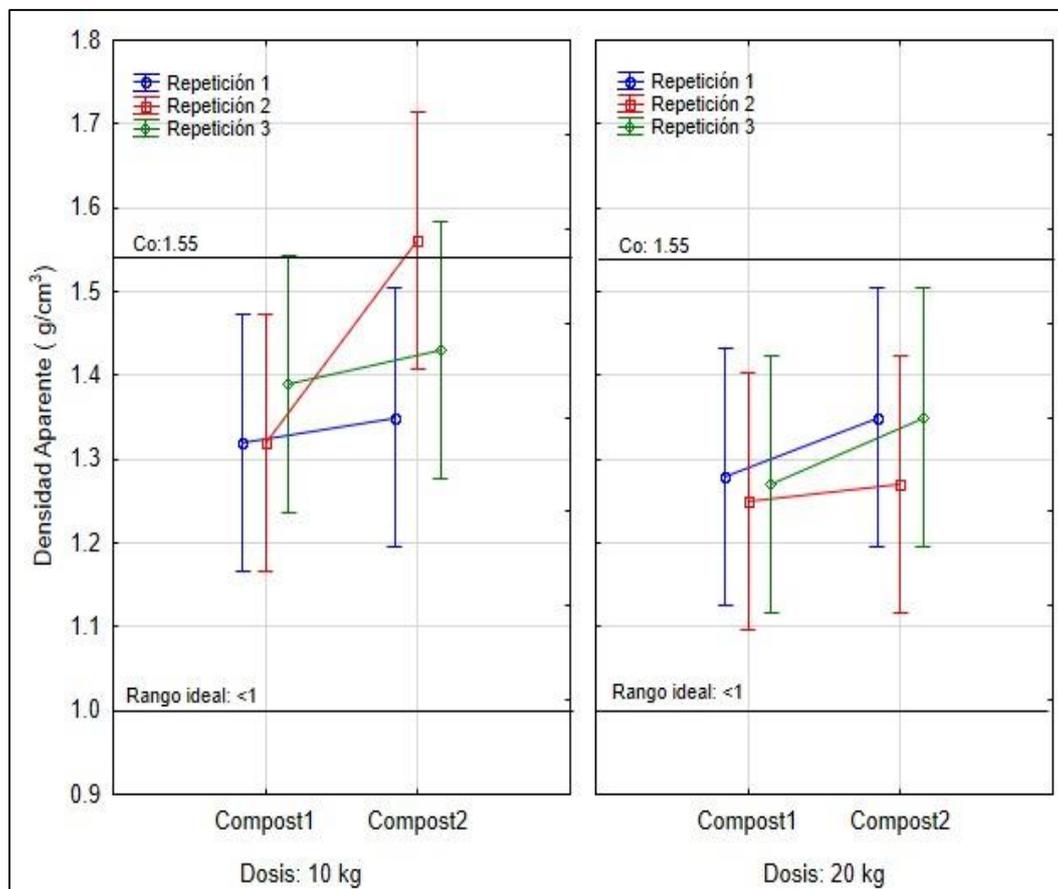


Figura 28: Análisis del efecto en la densidad aparente del suelo

Valores < 1 de la densidad aparente permiten el crecimiento de las plantas debido a la buena penetración de raíces, buena aireación y buen drenaje, evitando que las raíces tengan dificultades para elongarse y penetrar hasta alcanzar el agua y los nutrientes (Rubio, 2010).

f. Densidad Real (Dr)

La tabla 33 muestra el análisis de varianza de la densidad real (Dr) en el suelo, siendo factor principal la dosis (10 kg y 20 kg) altamente significativo (P valúe <0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

Sin embargo, el tipo de compost e interacción no existe diferencia significativa sobre la reducción de la densidad real (Dr) en el suelo.

Tabla 33: *Análisis de Varianza – ANOVA de la Densidad Real*

F.V	SC	GL	CM	F	P
Bloques	0.012717	2	0.006358	1.732778	0.254692
Tipos de Compost	0.003675	1	0.003675	1.001514	0.355580
Dosis	0.033075	1	0.003675	9.013626	0.023938
Interacción	0.003008	1	0.003008	0.819833	0.400126
Error	0.022017	6	0.003669		
Total SC	0.074492	11			

La figura 29 muestra que la dosis de 20 kg reduce en un 10% y 8% en la densidad real del suelo a las condiciones ideales de suelo productivo (<2.4). Según Gómez & Navarro (2017) la densidad real (minerales como óxido de hierro) disminuye conforme al aumento de la materia orgánica, el predominio de materiales livianos y la acción microbiológica, provocando que las partículas minerales formen iones metálicos disponibles para las plantas, formación por la presencia de ácidos húmicos del proceso de mineralización de la materia orgánica (Acebedo et al., 2004).

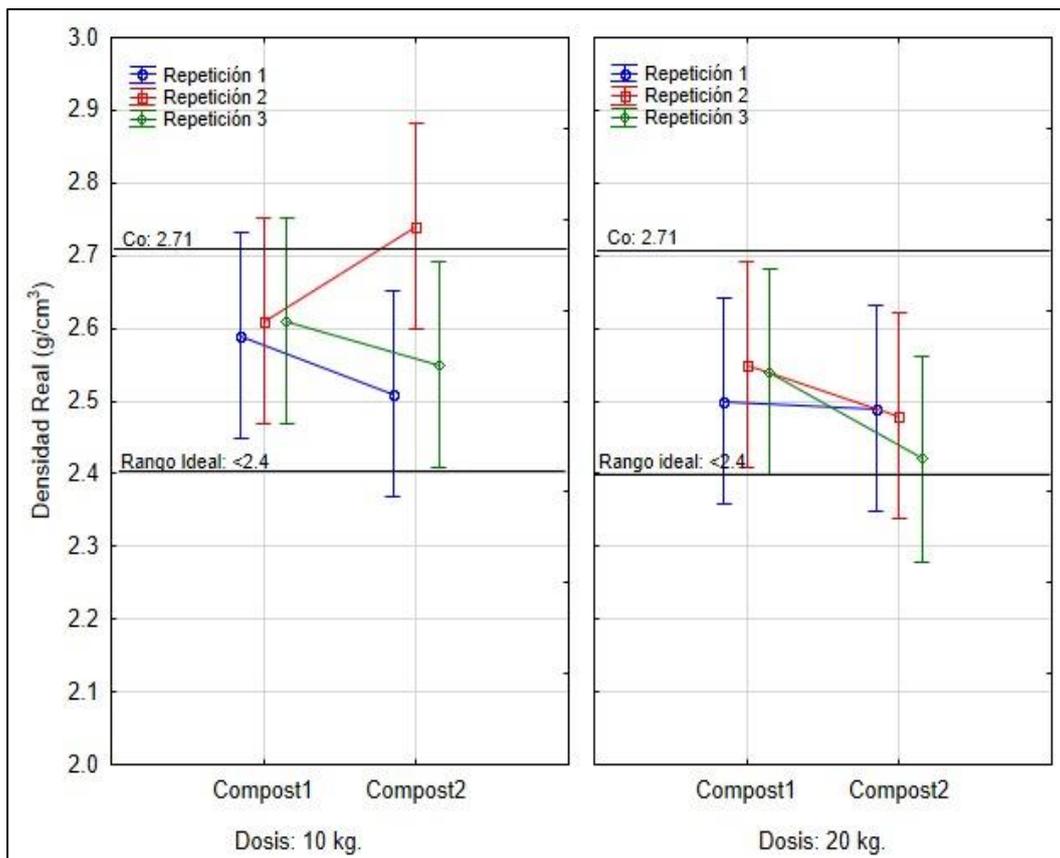


Figura 29: Análisis del efecto en la densidad real del suelo

Valores que oscilen entre 1.4 y 2 g/cm³ de la densidad real en un suelo influye en el desarrollo de las raíces, buen drenaje, aireación y buen equilibrio de minerales (Bárbaro, 2011).

g. Fósforo (P)

La tabla 34 muestra el análisis de varianza del fósforo (P) del suelo, siendo factores principales el tipo de compost (Residuos orgánicos vegetal + Aserrín + Tierra de cultivo y Residuos orgánicos vegetal + Estiércol de vaca + Tierra de cultivo), dosis (10 y 20 kg) e interacción entre ambas, altamente significativos (P valúe <0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 34: *Análisis de Varianza – ANOVA del Fósforo*

F.V	SC	GL	CM	F	P
Bloques	390.33	2	195.16	0.91168	0.451101
Tipos de Compost	11737.51	1	11737.51	54.83023	0.000312
Dosis	3159.01	1	3159.01	14.75689	0.008544
Interacción	1498.57	1	1498.57	7.00036	0.038242
Error	1284.42	6	214.07		
Total SC	18069.83	11			

La figura 30 muestra que el compost 2 a dosis de 10 y 20 kg aumenta de 4 a 8 veces más al rango ideal (>14 ppm) de fósforo en el suelo. Según Cairo & Álvarez (2017) el aumento del fósforo es por la aplicación de enmienda orgánica compuestas por estiércoles, debido a su alto contenido de fósforo disponible de 0.5 a 2% a diferencia de residuos vegetales de 0.15 a 0.50% (Cabrera, 2007).

Por otro lado, García & Montoro (2012) indica que a mayor dosis de materia orgánica aplicada mayor es el contenido de fósforo orgánico en el suelo, debido a la reducción de minerales a fijar nutrientes, mediante la fijación de humus, ácidos orgánicos y quelatos de hierro procedentes del proceso de mineralización de la materia orgánica (Sanzano, 2017).

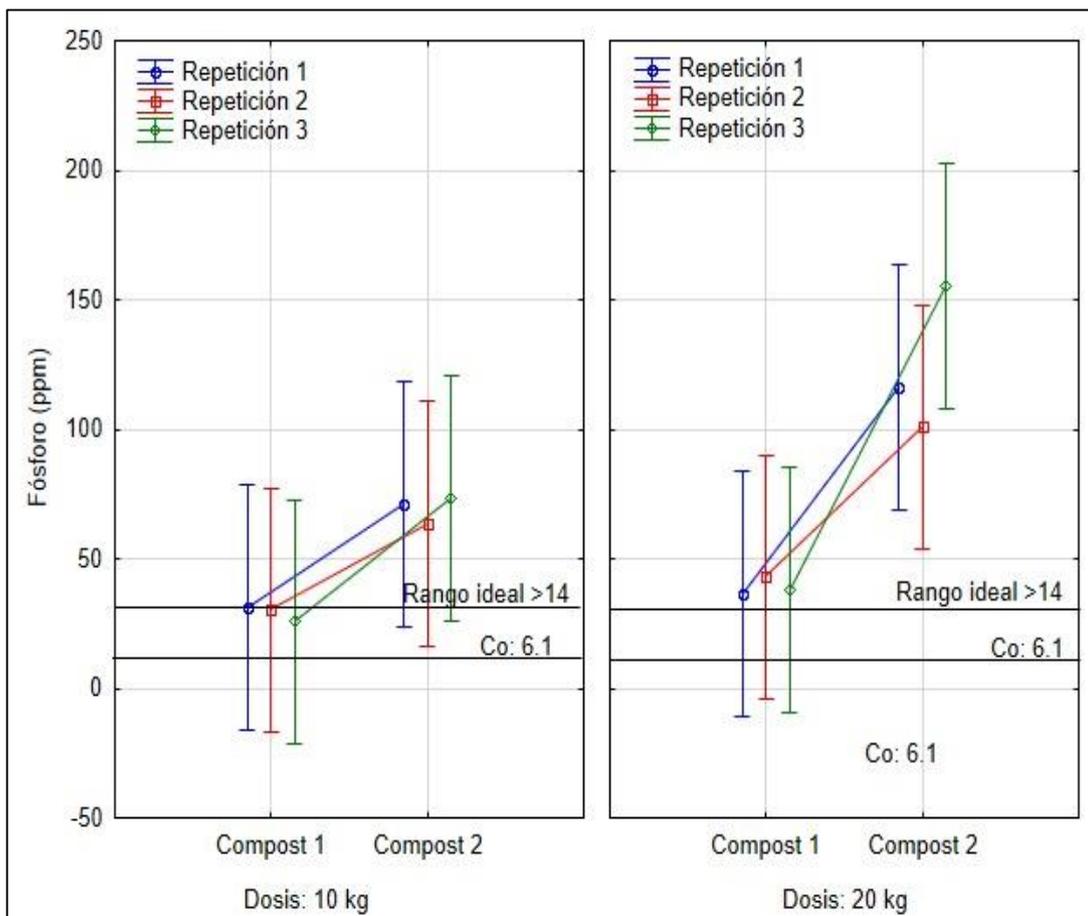


Figura 30: Análisis del efecto de compost sobre el Fósforo del suelo

Valores altos de fósforo en el suelo favorecen mayor calidad de frutos, forrajes, hortalizas y cultivos de grano e incrementa la resistencia a las enfermedades (Nolasco, 2016). Así mismo, nutriente esencial para el crecimiento y el buen funcionamiento de la planta influyendo en el desarrollo de la raíz y del grano de la planta.

h. Nitrógeno (N)

La tabla 35 muestra el análisis de varianza del nitrógeno (N) del suelo, siendo factores principales el tipo de compost (Residuos orgánicos vegetal + Aserrín + Tierra de cultivo y Residuos orgánicos vegetal + Estiércol de vaca + Tierra de cultivo) y dosis (10 y 20 kg) altamente significativo (P valúe <0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

Sin embargo, la interacción entre el tipo de compost y dosis no existe diferencia significativa en el incremento del nitrógeno en el suelo.

Tabla 35: *Análisis de Varianza – ANOVA del Nitrógeno*

F.V	SC	GL	CM	F	P
Bloques	0.001517	2	0.000758	0.57717	0.589856
Tipos de Compost	0.037408	1	0.037408	28.47146	0.001768
Dosis	0.012675	1	0.012675	9.64693	0.020957
Interacción	0.003008	1	0.003008	2.28964	0.181005
Error	0.007883	6	0.001314		
Total SC	0.062492	11			

La figura 31 muestra que el compost 2 a dosis de 10 y 20 kg aumenta en un 0.270 y 0.173 % al valor inicial de nitrógeno (0.01%) en el suelo. Según Cabrera et al. (2007) el aumento del nitrógeno se debe a los estiércoles de animales, principalmente de vaca por su alto contenido del nutriente que fluctúa entre 2 a 5 % presente en la orina. En el presente estudio el ingreso de nitrógeno del compost 2 en el suelo fue de 0.73% a diferencia del compost 1 con 0.43% de nitrógeno.

Por otro lado, Miyashiro (2014) menciona que el porcentaje de nitrógeno aumenta a medida que la degradación procede, provocando la liberación del nitrógeno en forma de amonio (NH_4^+) en nitrato (NO_3), el cual es disponible para las raíces de las plantas y otros organismos del suelo.

Así mismo, la actividad microbiológica en el proceso de la mineralización de la materia orgánica aumenta el nitrógeno asimilable, debido a la transformación del nitrógeno orgánico a nitrógeno inorgánico a las plantas en la forma de amonio a nitrato presente en el mecanismo de la nitrificación.

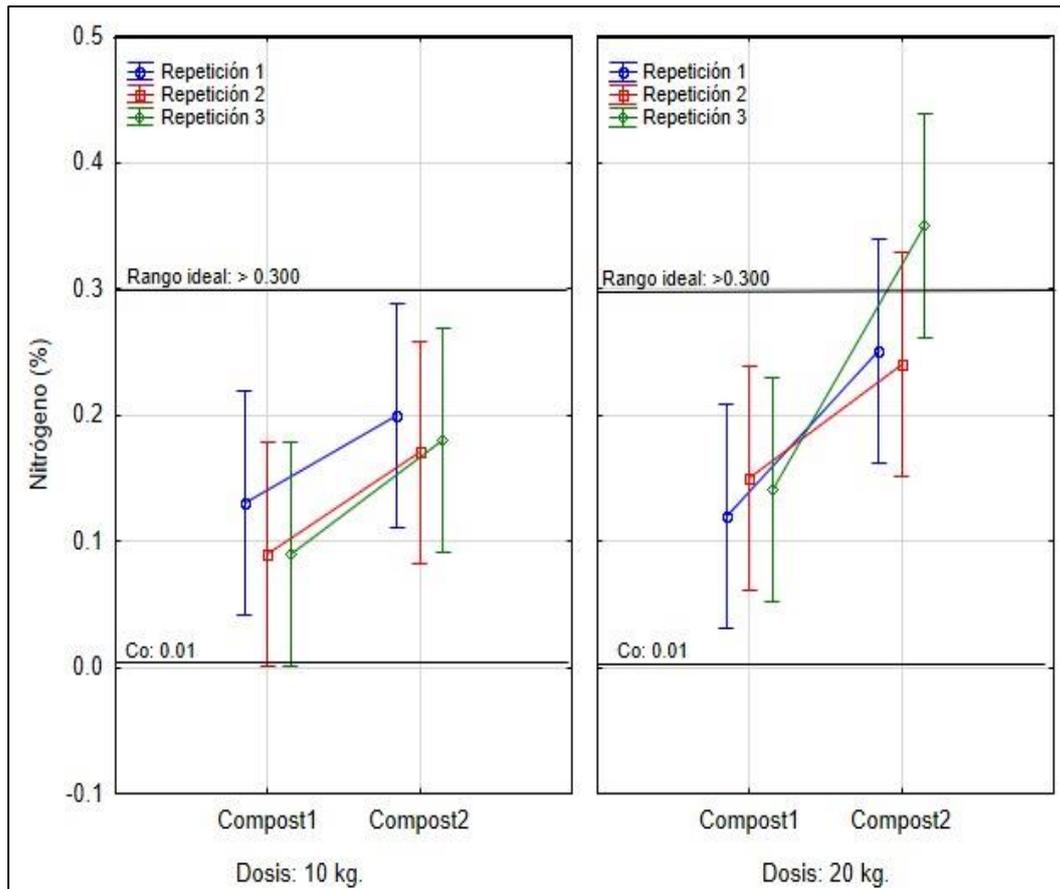


Figura 31: Análisis del efecto de compost sobre el Nitrógeno del suelo

Valores altos de nitrógeno aporta fertilización orgánica y mineral para el desarrollo de las plantas, principalmente en las proteínas y el desarrollo radicular (Benimeli et al., 2019).

i. Potasio (K)

La tabla 36 muestra el análisis de varianza del potasio (K) del suelo, siendo factores principales el tipo de compost (Residuos orgánicos vegetal + Aserrín + Tierra de cultivo y Residuos orgánicos vegetal + Estiércol de vaca + Tierra de cultivo) y dosis (10 y 20 kg) altamente significativo (P valúe <0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

Sin embargo, la interacción entre el tipo de compost y dosis no existe diferencia significativa en el incremento de potasio en el suelo.

Tabla 36: *Análisis de Varianza – ANOVA de Potasio*

F.V	SC	GL	CM	F	P
Bloques	218385	2	109192	0.38548	0.695827
Tipos de Compost	17545008	1	17545008	61.93961	0.000223
Dosis	1867563	1	1867563	6.59311	0.042466
Interacción	1297576	1	1297576	4.58087	0.076119
Error	1699559	6	283260		
Total SC	22628092	11			

La figura 32 muestra que el compost 2 a dosis de 20 kg aumenta 15 veces más al rango ideal (>240 ppm) de potasio en el suelo. Según Doude et al. (1997) el incremento de potasio se debe al mayor contenido de materia orgánica. En el presente estudio la materia orgánica de mayor contenido fue el compost 2 con 15.87% y potasio de 2.02% (20200 ppm) a diferencia del compost 1 con 9.94% de materia orgánica y potasio de 0.61% (6100 ppm).

Por otro lado, Rosas (2013) menciona que el aumento de potasio depende del material a compostar y su procedencia. Las excretas o la orina de estiércoles, principalmente de vaca tienen mayor procedencia de potasio desde 4500 – 18900 ppm (Cutipa, 2007), a diferencia de los residuos vegetales con el mínimo contenido de potasio para suplir las necesidades de la planta (Castillo & Chiluisa, 2011).

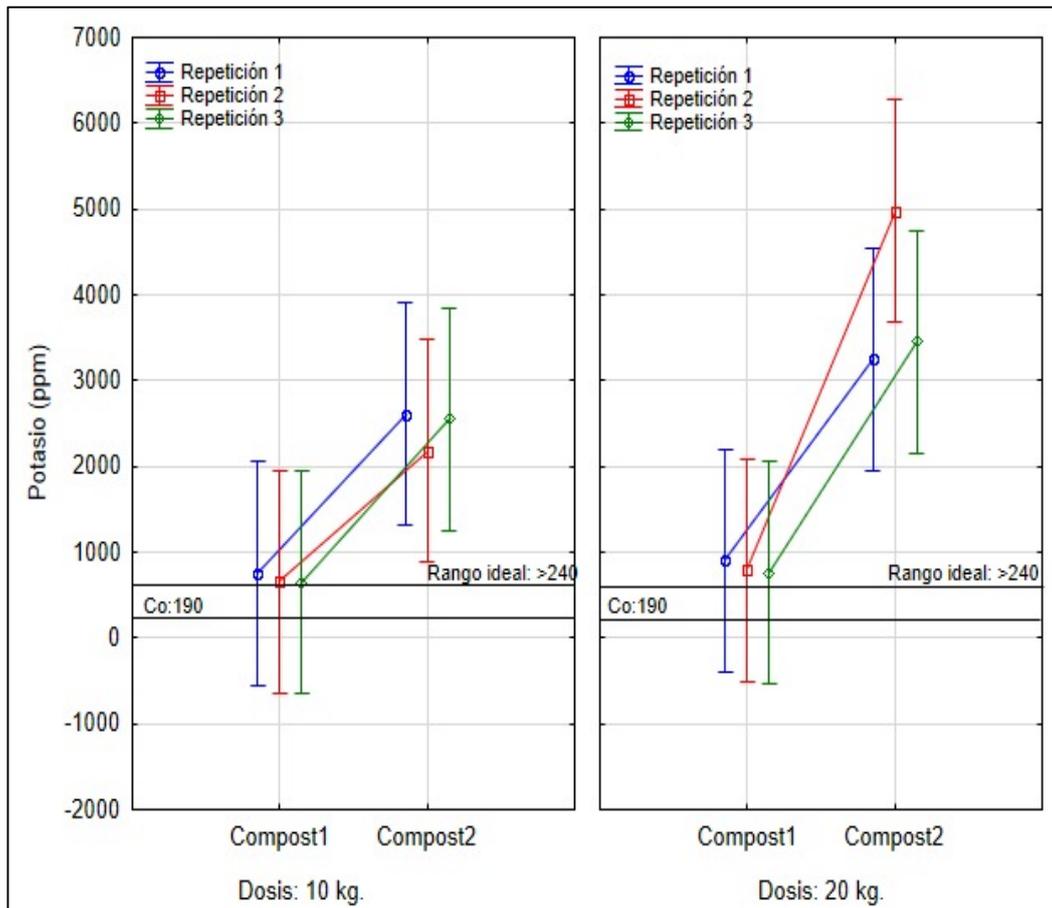


Figura 32: Análisis del efecto de compost sobre el potasio del suelo

Valores altos de potasio contribuye al potencial osmótico de las células y tejidos radiculares (Larriva, 2003), es decir, regula el potencial osmótico, el contenido de agua celular y el nivel de transpiración, asegurando una mayor resistencia de la planta ante la sequía, aprovechando al máximo el agua (Bazán, 2015).

j. Materia Orgánica (MO)

En la tabla 37 muestra el análisis de varianza de la materia orgánica (MO) en el suelo, siendo factor principal dosis (10 y 20 kg) altamente significativo (P valúe <0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, indicando que a mayor dosis mayor será la materia orgánica en el suelo, independientemente del tipo de compost.

Sin embargo, tipo de compost e interacción no existe diferencia significativa en el incremento de potasio en el suelo.

Tabla 37: *Análisis de Varianza – ANOVA de la Materia Orgánica*

F.V	SC	GL	CM	F	P
Bloques	1.07382	2	0.536908	0.88390	0.460850
Tipos de Compost	0.80083	1	0.800833	1.31839	0.294590
Dosis	6.66030	1	6.660300	10.96471	0.016179
Interacción	0.54613	1	0.546133	0.89909	0.379636
Error	3.64458	6	0.607431		
Total SC	12.72567	11			

La figura 33 se observa que la dosis de 20 kg aumenta en un 4.39% al rango ideal (>4%) de materia orgánica en el suelo. Según Galantini & Suñer (2008) el incremento de la materia orgánica se da por el alto contenido de materia orgánica en los compost al ser aplicado en el suelo.

Por otro lado, la descomposición de la materia orgánica resulta en la formación de una materia orgánica más compleja llamada humus como los ácidos húmicos y fúlvicos, el cual afecta en la propiedades físicas y químicas del suelo, durante el proceso de la mineralización lenta (Galantini & Suñer, 2008).

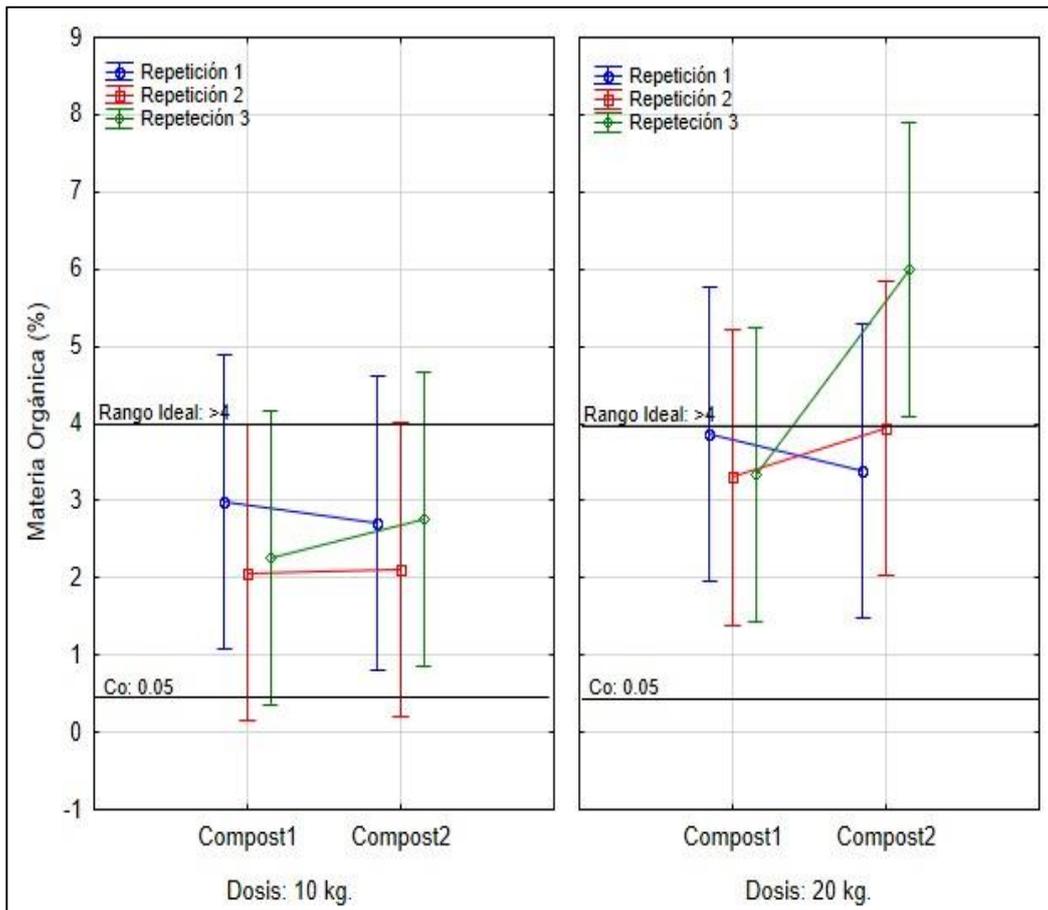


Figura 33: Análisis del efecto de compost sobre la materia orgánica del suelo

Valores altos de materia orgánica en el suelo contribuyen en mejorar la propiedades físicas, químicas y biológicas en el suelo (Julca et al., 2006), previniendo de la erosión, desertificación y la compactación del suelo (Sales, 2006). Además, sirve como fuente de nutrientes para las plantas y fuente de energía para los microorganismos mejorando el desarrollo y rendimiento de la planta (Trinidad & Velasco, 2017).

k. La Textura (%)

La figura 34 se observa que el compost 2 y dosis 10 kg ha disminuido un 3 % de arena, aumentado un 7 % de Limo y disminuyó un 4 % de arcilla, sin embargo, permanece como un suelo Franco arenoso, antes y después de la aplicación del compost en el suelo, esto puede deberse por el clima y porcentaje de humedad (Herrera, 2015), es decir, la textura depende de la zona ubicada y la frecuencias de precipitación donde las zonas áridas o semiáridas son predominan suelo arenosos y franco arenosos, así mismo, el origen de las partículas del suelo es causa del efecto intemperización que consiste el contacto con el agua y la arena, para que esta se transforme en limo y con el tiempo en arcilla (Sierra, 2020).

Lacasta et al. (2006) determina que los suelo franco arenosos facilita la disponibilidad de nitrógeno por la cantidad de aire en el medio arenoso, además, La textura tiene un papel importante en la determinación de los tamaños de las partículas del suelo como la Arena (grande), el Limo (medio) y Arcillo (pequeño) que influye en la estructura porosidad y afecta la capacidad de retención de agua y a la aeración, además, la textura influye en la descomposición de la materia orgánica más rápido debido por la cantidad de oxígeno disponible en suelo arenosos, así mismo, los suelos se clasifican por las clases de textura (Herrera, 2015).

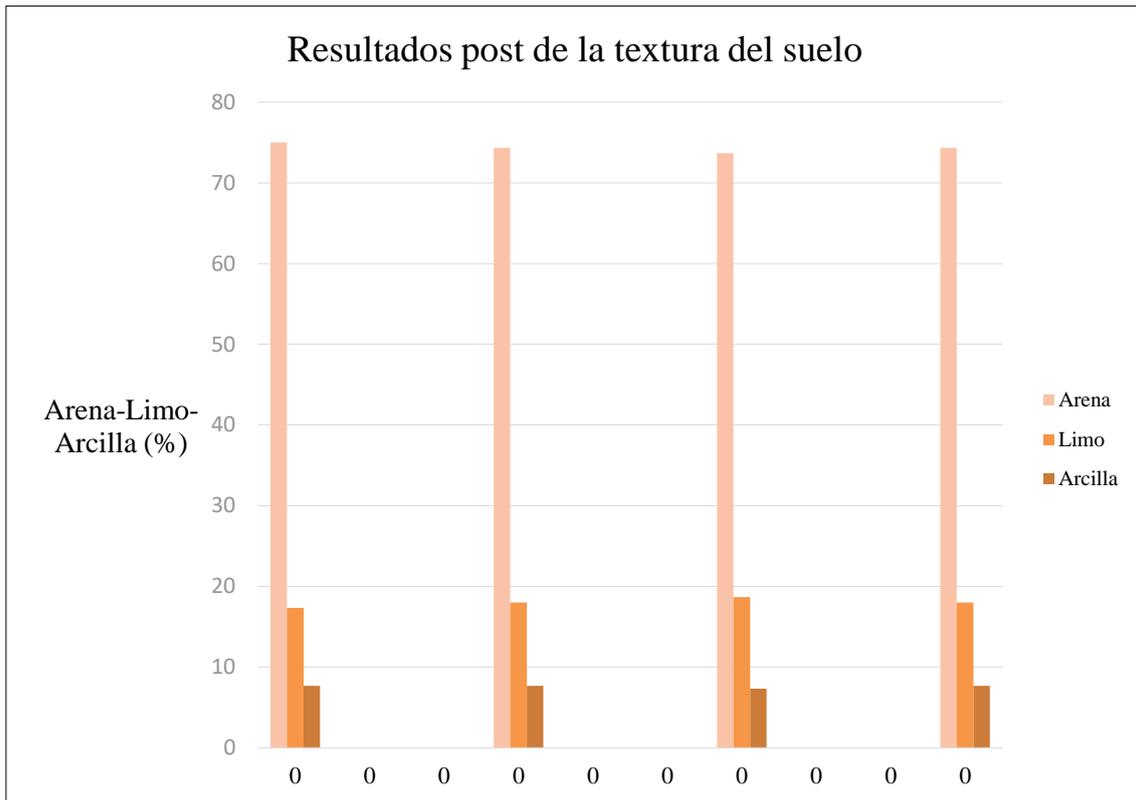


Figura 34: Análisis del efecto de compost sobre la Textura del suelo

I. Color Munsell del suelo

El color para el compost 1 a dosis de 20 kg de color Grisáceo (10YR 5/3) y el compost 1 a dosis de 10 kg y compost 2 a dosis de 10 y 20 kg presentan un color Pardo (10YR 5/3), esto se debe a la meteorización de las rocas, liberando hierro (Jaramillo, 2002), así mismo, indica una media a baja de fertilidad y la presencia de óxidos de hierro el color es una características que guarda relación suelo con la temperatura, materia orgánica y humedad, debido a la energía solar expuesta el suelo causando la evaporación del agua en el suelo (Ramírez, 1997).

Por otro lado, el cambio de color se da por la aplicación de la materia orgánica en el proceso de la mineralización lenta en la formación de humus, originando el mecanismo de adsorción (Zuleta, 2015). Así mismo, se debe cuando la tasa de acumulación de materia orgánica supera la tasa de mineralización, fenómeno llamado turbas (Ramírez, 1997).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La aplicación de los compost en el suelo Franco Arenoso (residuos orgánico vegetal + estiércol vacuno + tierra de cultivo y residuos orgánico vegetal + aserrín + Tierra de cultivo) en el Asociación de Vivienda la Bloquetera – Villa María del Triunfo demostró efectos en la evaluación de las propiedades Físico – químicas en el área de estudio, de acuerdo a los análisis estadísticos los parámetros que mostró tener diferencia significativa en tipo de compost y dosis fueron la humedad, Fósforo, Nitrógeno y Potasio, sin embargo, la conductividad eléctrica, pH y porosidad obtuvo diferencia significativa en el tipo de dosis, mientras, el porcentaje de materia orgánica, densidad aparente y real arrojó diferencia significativa en la dosis aplicada.

Los efectos del compost a base de residuos orgánico vegetal + estiércol vacuno + tierra de cultivo sobre la propiedades físico-químicas del suelo franco arenoso, en un periodo de 30 días de aplicación, demostraron cambios significativos en todos los parámetros evaluados, consiguiendo mejoras entre 0.05 a 4.44 % respecto al incremento de materia orgánica, de 0.01 a 0.28 % en nitrógeno, de 190 a 3893 ppm en potasio, de 0.60 a 124.07 ppm en fósforo, de 1.86 a 31.72 % en humedad y de 42.8 a 49.93 % en porosidad; mientras redujeron el pH de 8.10 a 7.65, Conductividad eléctrica de 12.5 a 4.73 dS/m, densidad aparente de 1.55 a 1.27 g/cm³ y en Densidad real de 2.71 a 2.46 g/cm³ redujeron.

El compost de residuos orgánicos vegetal + aserrín + Tierra de cultivo evidenció mayor reducción en el pH de 7.65 a 7.68, conductividad eléctrica de 4.73 a 4.82 dS/m y densidad aparente de 1.27 a 1.34 g/cm³., independientemente de la dosis aplicada de 10 a

20 kg al suelo y mayor incremento de porosidad de 48.40 a 49.93 % a diferencia del compost de residuos orgánicos vegetal + estiércol vacuno + tierra de cultivo.

El compost de residuos orgánicos vegetal + estiércol vacuno + Tierra de cultivo incrementaron en el contenido de fósforo de 69.27 a 124.07 ppm, Nitrógeno de 0.18 a 0.28 %, Potasio de 2047 a 3893 ppm y Humedad de 25.10 a 31.72 %, independientemente de la dosis aplicado de 10 a 20 kg al suelo y redujo de 2.46 a 2.60 g/cm³ respecto a densidad real (Dr) a diferencia del compost de residuos orgánicos vegetal + aserrín + tierra de cultivo.

Sin embargo, cuando el compost contiene mayor porcentaje de materia orgánica (MO) incrementará la materia orgánica en el suelo y dependerá de la dosis aplicada mayor o menor concentración, por lo tanto, a dosis de 20 kg se obtuvo de 3.50 % en residuos orgánicos vegetales + aserrín + tierra de cultivo y de 4.44 % en residuos orgánicos vegetal + estiércol vacuno + tierra de cultivo. Por lo tanto, es una estrategia favorable para la mejora de propiedad físico - química en el suelo franco arenoso.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Continuar con la investigación evaluando el tiempo de incorporación de tratamiento en el suelo, teniendo en cuenta la dosificación.
- ✓ Evaluar la influencia del agua para riego, porque es fundamental para favorecer la humedad en el suelo, puesto que es necesario conocer las concentraciones de sales y alcalinidad.
- ✓ Optimizar los parámetros de calidad de las enmiendas orgánicas a emplear cumplan con las normas de calidad de compost.

- ✓ Aplicar especies vegetativas que poseen resistencia a la conductividad eléctrica incorporada con la mezcla de enmienda orgánica (estiércol) en el suelo, entre las especies propuestas tenemos en el anexo 6.

REFERENCIAS

- Acevedo, M., Salazar, M., Castrillo, W., Torres, O., Reyes, E., Navas, M., Álvarez, R., Moreno, O. y Torres, E. (2011). Efectos de la Densidad de Siembra y Fertilización Nitrogenada sobre el Rendimiento de Granos de Arroz del Cultivar Centuro en Venezuela. Recuperado de: http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at6101/at6101acevedo_m.pdf.
- Acevedo, O., Sandoval, E., Cruz, M. y Cruz, E. (2004). El Papel de Óxidos de Hierro en Suelos. Redalyc, Tierra Latinoamericana, Vol. 22, Núm. 4, pp. 485-497. Recuperado: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311096013.pdf>.
- Alconada, M., Lanfranco, J. y Pellegrini, A. (2018). Reacción del suelo. Acidez. Universidad Nacional de la Plata. Editorial: Edulp. Recuperado: http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42793/mod_resource/content/1/FASES%20DEL%20SUELO%2C%20TEMPERATURA%20Y%20AGUA%2C%20DEL%20LIBRO%20EN%20PRENSA.pdf.
- AgroForum. (2018). Humedad del suelo. Cómo se comporta y su Importancia. Portal Frutícola. Agromática. Recuperado: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/04/30/humedad-del-suelo-como-se-comporta-y-su-importancia/>.
- Aguilera S. (2000). Importancia de la Protección de la Materia Orgánicas en Suelos. Recuperado de: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121065/Suelos_AGUILERA_2000.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Alania, H. (2012) Talleres de sensibilización e información sobre disposición de residuos sólidos en el distrito de Daniel Alomía Roble – Huánuco (Informe de práctica preprofesional). Universidad de Nacional Agraria de la Selva, Huánuco, Perú.
- Alegre J. (1997). Efecto de Enmiendas Orgánicas sobre la agregación y Estabilidad de los agregados, porosidad, humedad Equivalente y CIC de un Suelo de Costa – La Molina (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Altamirano, M. y Cabrera, C. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. Instituto de Investigación FIGMMG, 9 (17), 75-84.
Recuperado de:
<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/697>.
- Alvarado, S. (1999). Determinación de un método para evaluar los requerimientos de cal en suelo ácidos de origen volcánico y no volcánico del Ecuador (Tesis Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Arancon, N., Edwards, C., Bierman, P., Metzger, J. y Lucht, C. (2005). Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia*, 49(4), 297-306.
doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.02.001.
- Araujo, V. (2016). Características físico- químicas del suelo en el primer sector de la fila Alta de la ciudad de Jaén (Tesis Pregrado). Universidad César vallejo, Chiclayo, Perú.
- Arenas, C. (2017). Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos en el centro educativo Rural Josefa Romero Municipio de Dabeiba (Tesis pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia.

- Astulla, D. (2019). Efecto de abonos orgánicos en el cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. var. Canario en un suelo ácido – Satipo (Tesis de Grado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de: http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5470/T010_45723188_T%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Avendaño, D. (2003). El proceso de Compostaje (Tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Bárbaro, L. (2011). Desarrollo de Sustratos sin Suelo para cultivo en Macetas de Plantas Florales (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Litoral. Recuperado de: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/288/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Barrios, S. (2011) Efecto de Estiércol de Cuy, Aserrín y microorganismo de Montaña en la Génesis de la Estructura del suelo degradado en Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la selva (Tesis de Grado). Tingo María, Perú. Recuperado: http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1102/TS_LSBC_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Barros, C. y González, L. (2007). Clasificación y manejo de residuos sólidos orgánicos del mercado y camal municipal del cantón buena fe para la obtención de compost (Tesis Pregrado) Facultad de ciencias Pecuarias, Quevedo, Ecuador.
- Bazán, D. (2015). “Cuatro Niveles De Fertilización N – P – K En El Cultivo De Melón (Cucumis Melo Var. Reticulatus L.) Bajo Las Condiciones Del Valle De Cañete” (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Benimeli, M., Plasencia, A., Corbella, R., Guevara, D., Sanzano, A., Sosa, F. y Fernández J. (2019). El Nitrógeno del Suelo.

- Buckman H. y Brady N. (1970). *Naturaleza y Propiedades de los Suelos: Texto de Edafología para enseñanza*, Madrid y España: Editorial Montaner y Simón.
- Bustinza, L., Carbo, N. y Tito, G. (2014). *Manual de Practicas del suelo de la Escuela de Ingeniería ambiental*. Universidad Peruana Unión.
- Cabrera, F. (2007). *Materia Orgánica del suelo: Papel de las enmiendas Orgánicas*. Instituto de Recursos Naturales y Agro biología de Sevilla. Recuperado: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/28751/3/Materia%20org%C3%A1nica.pdf>.
- Cairo, P. y Álvarez, U. (2017) Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soya [Glycine max (L)Merr]. *Pastos y Forrajes*, Vol. 40 pp. 37-42. Recuperado: scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n1/pyf05117.pdf.
- Campitelli P. (2010). *Calidad de Compost y Vermicompuestos para su uso como Enmiendas Orgánicas en Suelos Agrícolas (Tesis de Grado)*. Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado de: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4726/Campitelli%20Paola.%20Calidad%20de%20compost%20y%20vermicompuestos%20para%20su%20uso...%20.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.
- Casanova M., Vera W., Luzio W. y Salazar O. (2004). *Edafología “Guía de clases prácticas”*. Universidad de Chile. Recuperado de: <https://docplayer.es/27238542-Edafologia-guia-de-clases-practicas-universidad-de-chile-manuelcasanovapinto-wilfredo-vera-elizondo-walter-luzio-leighton-osvaldo-salazar-guerrero.html>.
- Castillo C. (2005). *Selección y Calibración de Indicadores Locales y tecnico para evaluar la degradación de los suelos Laderas, en la Microcuenca Cuscamá el Tuma – La Dalia Matagalpa (Trabajo de Diploma)*. Universidad Nacional Agraria – Nicaragua. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/1094/1/tnp35c352.pdf>.

- Castillo, M. y Chiluisa, M. (2011). “Evaluación De Tres Abonos Orgánicos (Estiércol De Bovino, Gallinaza Y Humus) Con Dos Dosis De Aplicación En La Producción De Pimiento (Capsicum Annum L.) En El Recinto San Pablo De Maldonado, Cantón La Maná, Provincia De Cotopaxi” (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/935/1/T-UTC-1231.pdf>.
- Castro, M. (1999). Génesis y clasificación de costras superficiales en suelos de cultivo. In Avances sobre el estudio de la erosión hídrica. Jornadas Internacionales sobre Erosión Hídrica, A Coruña, 11(13), pp. 43-68. Recuperado de: <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/10921/CC%2052%20art%202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ciancaglini, N. (2009). Guía para la determinación de textura de suelo por método organoléptico. Recuperado de: http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20_R001_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf.
- Chappa, C. (2018). Efecto de la Aplicación de Abono Orgánico y fertilizante en las características del Suelo utilizando Cebolla China (Allium Fistulosum L.) Var. Rojas Chiclayana como Bioindicador (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. Recuperado de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3205>.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) (1992). Capítulo 12: Ordenación de los ecosistemas frágiles: lucha contra la desertificación y la sequía. En Programa 21. Disponible en: www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/agenda21chapter12.htm.

- Huang, C. y Chen, Z. (2010) Carbón and Nitrogen mineralization of sewage sludge compost in soils with a different initial pH. *Soil Science and Plant*, Número, 55:5, pp. 715-724. Recuperado: <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2009.00410.x>.
- Combatt, E., Polo, J. y Jarma, A. (2016). Rendimiento del Cultivo de Yuca con abonos Orgánicos y Químicos en un Suelo Acido. (*Revista Ciencia y Agricultura*), Colombia.
- Consejo de Agricultura y Alimentación Ecológica de Euskadi. (2018) Compostaje de estiércoles en agricultura ecológica. Recuperado de: https://www.eneek.eus/files/2018/01/GUIA_COMPOST_ENEEK_2013-1.pdf.
- Córdova, C. (2006). Estudio de Factibilidad Técnica - Económica para instalar una planta de compostaje, utilizando desechos vegetales urbanos (Tesis Pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Córdova, L. (2016). Propuesta de mejora del proceso de compostaje de los residuos orgánicos generados en la actividad minera, empleando microorganismos eficientes unidad minera del sur (Tesis Pregrado). Universidad nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Crosara, A. (2015). Textura del suelo. Recuperado de: <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Practico%203.pdf>.
- Cottler, H., Sotelo, E., Domínguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S. y Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: Un asunto de interés público. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2875596>.
- Cutipa, Z. (2007). Efecto de excreta de Lombriz y Biol Vs. Fertilizantes Químicos sobre rendimiento y Calidad de Tubérculos de Papa Nativa (*Solanum tuberosum* spp andigena) (Tesis de Grado). Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

- Damián, L. (2018). Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos (Tesis de Grado). Universidad César Vallejo. Recuperado de: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/20516/DAMIAN_ALN.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Departamento de agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica – USDA (1999). Guía para la evaluación de la calidad y Salud del suelo. Recuperado de: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf.
- Douds, D., Galvez, M., Snyder, F., Reider, C. y Drink, L. (1997). Effect of compost addition and crop rotation point upn VAM fungi.
- Domínguez, M. (2005). Evaluación de la calidad de los Suelos de Laderas de Nandaime, a través de la identificación y el uso de indicadores técnicos y locales (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria.
- Durán, F., Cuellar, N., Guerrero, K. y Zambrano, E. (2010) Análisis de laboratorio de suelos y aguas. Recuperado de: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-455117373-analisis-de-laboratorio-de-suelos-y-aguas-grupo-latino-_JM.
- Duran, F., Cuellar, N., Guerrero, K. y Zambrano, E. (2013) Rehabilitación del suelo agrícola con compostaje. Recuperado de: <http://alfonsojaviermonarrezrios.blogspot.com/2014/01/rehabilitacion-suelo-agricola.html>.
- Elías, X. (2012). Aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales. Recuperado de: www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479788353.pdf.
- Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social. (2014). Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus. Recuperado de: http://doc.rero.ch/record/305901/files/31-13_Foncodes5.pdf.

- Fuentes J. (2011). Tamaño de Partículas y Color del Suelo (Guía Teórico Practica N°1).
Universidad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza – Chile.
- Galantini, J. y Suñer L. (2008). Las Fracciones Orgánicas del suelo: Análisis en los suelos de la Argentina. Agriscientia. Vol xxV (1), pp 41-55. Recuperado: https://www.researchgate.net/publication/262434184_Las_fracciones_organicas_del_suelo_analisis_en_los_suelos_de_la_Argentina.
- Gambo, N. (2016). Estudio Físicoquímico del Suelo del Sistema de Andenería del Centro Poblado Caca, Provincia de Yauyos – Lima (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7010>.
- García C. (2008). Enmiendas orgánicas para suelos basadas en Residuos Orgánicos. Recuperado de: <https://www.um.es/acc/wp-content/uploads/Carlos-Garcia-Izquierdo.pdf>.
- García, J. y Montoro, J. (2012). Efectos de los Compost sobre las propiedades del suelo: Evaluación comparativa del compost con separación en Origen y sin separación en Origen. Universidad Politécnica de Cartagena.
- García, P., Lucena, J., López, L., Betrán, J., Ramos, A., López, H., López, P., Bermejo J., Urbano, P., Piñeiro, J., Castro, J. y Blázquez, R. (2010). Guía Práctica de la Fertilización Racional de los Cultivos en España. Editorial: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACION%20RACIONAL%20DE%20LOS%20CULTIVOS%20EN%20ESPAÑA.pdf.
- García, A. (2012). Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego Segunda Parte.

- Garrido, S. (2002) Interpretación de análisis de suelos. Recuperado de:
https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf.
- Gómez, I. y Navarro, J. (2017). Utilización de subproductos orgánicos vegetales para mejorar las propiedades físicas de suelos alterados (Tesis de Grado). Recuperado de:
<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3593/1/TFG%20Martinez%20Bernabeu%2C%20Sheila.pdf>.
- González, G. (2013). Efecto en el Corto Plazo de Sistemas de Labranza y Mejoradores en los Indicadores N, K y MO en un suelo Franco Arcilloso (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonia Narro, Coahuila, México.
- González, A. y Rosales, R. (2016). Aprovechamiento de los residuos provenientes de las industrias madereras y del almidón extraído de yuca por vía seca, para la elaboración de combustible sólido (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de: <http://ribuni.uni.edu.ni/1169/1/80489.pdf>.
- Goyal, S., Dhull, S., y Kapoor, K. (2005). Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresource technology*, 96(14), 1584-1591. **Doi:** [10.1016/j.biortech.2004.12.012](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.12.012).
- Guizado, M. (2018). Eficiencia de la Gallinaza en la Elaboración de compost mediante Pilas dinámicas, a partir de los Residuos Orgánicos de la Universidad Peruana Unión. Universidad Peruana Unión. (Tesis de Grado). Recuperado: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1592>.
- Gumuzzio, M. (2018). Estudio de la Humedad superficial del Suelo en la Cuenca del Duero mediante la Integración multiescala de Técnicas basada en teledetección,

- Modelación y Observaciones IN SITU (Tesis Doctoral). Universidad de Salamanca.
- Grez, R. (1995). Aplicación de aserrín de la industria forestal para el mejoramiento del suelo. DOI: [10.4206/bosque.1995.v16n1-14](https://doi.org/10.4206/bosque.1995.v16n1-14).
- Hanco, C. (2017). Desalinización con Veterraga (Beta Vulgaris L.) asociada al Vermicompost y cal agrícola para el Mejoramiento de la Calidad del Suelo, Cañete (Tesis de Grado). Universidad César Vallejo. Recuperado de: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3539/Hanco_OCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Hanníbal, B., Viteri, R., Guevara, L., Villacres, M., Jara, J., Jiménez, S., Moya, P. y Parra C. (2016). Obtención de Compost a partir de Residuos Sólidos Orgánicos en el Mercado Mayorista del Cantón Riobamba. *Sicentific Journal*, 12(29), 1857-7881. doi.org/10.19044/esj.2016.v12n29p76.
- Hernández, M., Leos, J., Rangel, P., Castillo, I. y Garcia, J. (2009) Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Scielo*, 27(4): 329-336. Recuperado de: www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid...57792009000400007.
- Hernández, J. (2007). Métodos para el análisis físico de los suelos. Recuperado de: http://ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/metodos_analisis.pdf.
- Hernani, D. y Rodríguez, J. (2016) Análisis de factibilidad de sistema de aprovechamiento energético de residuos sólidos orgánicos en una unidad minera subterránea. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

- Herrera, S. (2015). Análisis cualitativo de la Textura de los Suelos del Arboretum “El Huayo” en Puerto Almendra. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú.
- Huachi, L. (2008). Mejoramiento del suelo mediante la producción de un abono orgánico a partir de estiércol animal, en el parque Metropolitano de Quito (Maestría). Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
- Huang, J., Yu, Z., Gao, H., Yan, X., Chang, J., Wang, C. (2017) Estructuras químicas y características de los abonos y compost de animales durante el compostaje y evaluación de los índices de madurez. PLoS ONE 12 (6), 1-16.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178110>.
- Hosokay, M. (2012). Calidad De Suelos En Diferentes Sistemas De Uso En Supte San Jorge - Tingo María.
- Hossne, A., Paredes, G., Carvajal, R., Santaella, E. y Malaver, J. (2011). Cohesión aparente de un suelo agrícola franco arenoso de sabana. Universidad de Guanajuato. Monagas, Venezuela. Recuperado:
<file:///E:/Datos%20Generales/Descargas/15-Article%20Text-39-1-1020120125.pdf>.
- Iglesias, L. (1995). El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Hojas divulgativas 1/94 HD. Recuperado de:
http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_01.pdf.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2011). Propiedades de los suelos. Capitulo IV. Recuperado de: <https://bit.ly/2HaTGmS>.
- Instituto Nacional Tecnológico. (2016). Manual Prácticas de conservación de suelos y agua. Recuperado de: <https://bit.ly/2H1ysb7>.

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. (1968). Informe Técnico.

Recuperado de:

https://books.google.com.pe/books?id=mTpDojEv_YQC&pg=PA207&dq=M%C3%A9todo+de+Microkjeldahl.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjQ_ajswa_oAhXeHrkGHdVdBUEQ6AEIOzAD#v=onepage&q=M%C3%A9todo%20de%20Microkjeldahl.&f=false.

Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>.

Jaramillo, G., y Zapata, L. (2008) Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. (Tesis pregrado). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Juárez, V. (2018). Correlación entre variables físicas y químicas para determinación del nivel de fertilidad de suelos cultivados con Banano en el Valle de Chira – Piura (Tesis de grado). Universidad Nacional de Piura. Recuperado de:

<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1295>.

Julca, A., Meneses, L., Blas, R., Bello, S. (2006). La Materia Orgánica, Importancia y Experiencias de uso en la Agricultura. Scielo Vol. 24 (1), pp. 46-61. Recuperado:

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>.

Lacasta, C., Benítez, M., Maire, N. y Meco, R. (2006). Efecto de la textura del suelo sobre diferentes parámetros bioquímicos. Recuperado de:

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/16622/1/2006%20Bio-suelos.pdf>.

Lao, C. (2017). “fracciones del carbono orgánico lábil en suelos de la amazonia peruana bajo diversos sistemas de uso” (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Larriva, N. (2003). Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas. La granja. Facultad de ciencias pecuarias y agroindustriales. Número 2. Recuperado: dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5969765.pdf.
- León, J. (2003) Hibridación y comparación de la F1 con sus progenitores en tres cultivos de quinua (Tesis pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Lichtinger, V., Székely, F., Fernández, F., Ríos, A. (2000). Indicadores para la evaluación del desempeño. Reporte ambiental. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/87294542/Indicadores-para-la-Evaluacion-del-Desempeno-Ambiental>.
- López, J., Díaz, A., Rubín, M. y Valdez, R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 19(4), 293 -299. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319401>.
- López, W. (2010). Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol (Grado de Maestría). Instituto Politécnico Nacional, Tlaxcala, México.
- López, R. (2002). Degradación del Suelo: Causas, Procesos. Evaluación e Investigación. Recuperado de: <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/degradacion/pfd/librocompleto.pdf>.
- De Martin de Santa Olalla Mañas, F. (2005). Libro Agua y Agronomía. Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?id=tWkJAQAAQBAJ&hl=es>.
- Martínez, E., Fuentes, J. y Acevedo E. (2008). Carbono Orgánico Y Propiedades Del Suelo. DOI: 10.4067/S0718-27912008000100006.
- Mckeam S. (1993). Manuales de Análisis del suelo y tejido vegetal. Recuperado de: http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/digital/S593.M2_Manual_de_an%C

[3%Alisis_de_suelos_y_tejido_vegetal_Una_gu%C3%ADa_te%C3%B3rica_y_pr%C3%A1ctica_de_metodologia.pdf](#).

Maldonado, M. (2012). Tolerancia a la salinidad de especies dominantes en suelos salinos de Maguey Blanco, Hidalgo. Universidad Nacional Autónoma de México [Tesis de pregrado]. Recuperado en: https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_maldonado_jimenez.pdf.

Manzano, J., Rivera, P., Briones, F. y Zamora, C. (2014). Rehabilitación de Suelos Salino- Sódicos: Estudio de Caso en el Distrito de Riego 086- México. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792014000300211.

Ministerio del Ambiente. (2012). Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental. Recuperado de: <http://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/pdf/Glosario-de-Terminos.pdf>.

Ministerio del Ambiente. (2015). Forestación en zona árida, Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi. Ministerio del Ambiente. Recuperado de: <http://www.minan.gob.pe/cambioclimatico/wpcontent/uploads/sites/11/2015/01/Forestacion-en-zona-arida-Parque-Ecologico-Nacional-Antonio-Raymondi.pdf>.

Miyashiro, I. (2014). Calidad de seis formulaciones de Compost enriquecido con Guano de Islas. Universidad Nacional Agraria La Molina. (Tesis de grado). Lima, Perú. Recuperado: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1879/F04_M59%20-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Mondragón, G. (2016). Evaluación Del Crecimiento De Plántulas De Caesalpinia Spinosa, Sapindus Saponaria Y Tecoma Stans En Diferentes Sustratos Durante Su

Propagación En Vivero – Lima (Tesis de Grado). Universidad Nacional la Agraria. Recuperado de:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2641/K10-M6553-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Mollogón, J., Tremont, O. y Rodriguez, N. (2001). Efecto del uso de un vermicompost sobre las propiedades biológicas y químicas de suelos degradados por sales.

Montes C. (2009). Régimen jurídico y ambiental de los residuos sólidos. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/291352558>.

Montaño, N., Monroy, A. (2000). Conservación ecológica de suelo en zonas áridas y semiáridas en México. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/262686362>.

Moreira, E. (2011). El Uso De Abono Orgánico Y Sus Efectos En El Suelo (Tesis de Grado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Recuperado de: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/2938/1/45011_1.pdf.

Moreno, J., Moral, R., García, J., Pascual, J. y Bernal, M. (2014). De Residuo a Recurso. El camino hacia la Sostenibilidad, España. Editorial: Mundo-Prensa. Recuperado de: https://books.google.com.pe/books?id=_BdNBQAAQBAJ&pg=PA138&lpg=PA138&dq=efecto+de+compost+en+el+ph+alcalino+del+suelo&source=bl&ots=xud-xelHmK&sig=ACfU3U3tBUAvKM281qHEsvAceMKR-FaYEQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjn6LPVtYjnAhUSH7kGHYy_AW04HhDoATAIegQICRAB#v=onepage&q=efecto%20de%20compost%20en%20el%20ph%20alcalino%20del%20suelo&f=true.

Moscol, A. (2018). Eficacia Del Bacillus Subtilis Para Reducir La Salinidad De Los Suelos Del Centro Poblado De Quepepampa, Huaral (Tesis de Grado). Universidad César Vallejo.

- Mosquera, F. (2017). Variabilidad espacial de Propiedades físicas y químicas en un Suelo Agrícola en el Valle de Mantaro (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Tesis de grado. Recuperado:
http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5782/Sussy_tesis_titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Munive R. (2018). “Recuperación de Suelos Degradados por contaminación con Metales pesados en el Valle Mantaro mediante Compost de Stevia y Fitorremediación (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3770/munive-cerron-ruben-victor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Narváez, W., Morales, A., Benavides, A. y Humberto, M. (2015). Dinámica de la Composición de la Solución del Occidente de México. Recuperado de:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002383&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- Navarro, S. (2019). Efectos del suelo en las propiedades de textura y pH de la parcela 112 del Km 47 de la Carretera Iquitos – Nauta. Recuperado:
http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5782/Sussy_tesis_titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Nolasco, J. (2016). “Niveles De Fósforo Y Su Efecto En El Rendimiento Y Calidad Del Cultivo De Sandía (Citrullus Lanatus) Cv. Black Fire En Cañete” (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Recuperado de:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1978/F04-N6-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Normal Oficial Mexica NOM-021-RECNAT (2000). Especificaciones de fertilidad, salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, muestreo y análisis. Recuperado de: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>.
- Núñez J. (2000). Fundamentos de Edafología. San José, Costa Rica. Pág. 63.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2013). impulsa uso de abonos orgánicos en familias campesinas de Cusco. Recuperado de: <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-fao-impulsa-uso-abonos-organicos-familias-campesinas-cusco-472094.aspx>.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial. Informe 2013 – 2014. Índice de cumplimiento de los municipios provinciales a nivel nacional. Recuperado de: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13926.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1996). Ecología y enseñanza rural: Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. Recuperado de <http://www.fao.org/DOCREP/006/W1309S/w1309s00.htm#TopOfPage>.
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2008). Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional. Recuperado de: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2009437051>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2019). Manejo de suelos Arenosos. Portal de Suelos de la FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelosproblematicos/suelos-arenosos/es/>.

- Pastor, J., Martínez, A. y Torres, D. (2016). Efecto de la aplicación de vermicompost en las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Bioagro* 28 (1), 29-38. doi.org/10.15446/acag.v64n4.47115.
- Pellegrini, A. (2017). Macronutrientes del Suelo. Nitrógeno. Recuperado de: http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35406/mod_resource/content/1/TEMA%2012%20-%20NITROGENO.pdf.
- Radulovich, R., Solorzano, E. y Bolanos, J. (1997). Calibration of a moisture density meter for tropical soils using the reflectometry technique. *Redalyc*, 35 (4), 52-59. Recuperado de: agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=QY19970124032
- Ramos, D. y Terri, E. (2014). Generalidades de abonos orgánicos: importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas (*Revista cultivos Tropicales*), volumen 35(4), 52-59. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193232493007>.
- Ramírez, P. (2016). Condiciones de Sanidad y recuperación de suelos de la cancha pública de golf en san Bartolo, Lima (Tesis de pregrado). Universidad Agraria la Molina, Lima, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2482/P11-R3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ramírez, R. (1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, Colombia*: Editorial Convenio Fenalce.
- Ramírez, P. (2016). “Condiciones De Salinidad Y Recuperación De Los Suelos De La Cancha Pública De Golf - San Bartolo, Lima” (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2482/P11-R3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Robles, M. (2015). Evaluación de parámetros de temperatura, PH y Humedad para el proceso de compostaje en la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos de la municipalidad provincial de Leoncio Prado (Proyecto de investigación). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.
- Roben, E. (2002). Manual de compostaje para municipios. Recuperado de: <http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf>.
- Rodríguez, R. (2016). Caracterización Físico -Químico de los suelos Desérticos de las Pampas de la Joya – Arequipa y su posible uso Agrícola (Tesis de Licenciado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Rondón, E., Szantó, M., Francisco, J., Contreras, E. y Gálvez, A. (2016). Guía General para a Gestión de Residuos Domiciliarios. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40407/1/S1500804_es.pdf.
- Román P., Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor: Experiencia en américa latina. Recuperado de: www.fao.org/3/a-i3388s.pdf.
- Rosas, C. (2013). “Evaluación de Tres dosis crecientes de abono de Gallinácea en el Rendimiento de Solamum Tuberosum L. Var. Amarilis – Inia en la Zona la Loma – Usquil – Otuzco (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7489/ROSAS%20GONZALEZ%20C%20c3%89SAR%20AUGUSTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Rubio, A. (2010). La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales (Proyecto de investigación). Universidad de Sevilla, Andalucía, España.

- Ruck L., García F., Kaplán A., Ponce J. y Hill M. (2004). Propiedades físicas del suelo. Universidad de la República. Recuperado de: <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>.
- Saab, R. (2012). Evaluación de la Calidad del Suelo en el Sistema productivo orgánico La Estancia, Madrid, Cundinamarca (Tesis de Grado). Universidad Javeriana. Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8990/AbiSaabArriech eRosana2012.pdf?sequence=1>.
- Salamanca, A. y Sadeghian, S. (2005). Densidad aparente y su Relación con otras propiedades en Suelos de la Zona Cafetera Colombiana. Recuperado de: <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2804%29381-397.pdf>.
- Salamanca, E. (2014). Estrategias para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en la plaza de mercado de Fontibón (Tesis de maestría). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.
- Salazar, T. (2014). Actividad Microbiana en el Proceso de Compostaje aerobio de Residuos Sólidos Orgánicos (Revista de Investigación Universitaria), 3(2), 74-84. doi.org/10.17162/riu.v3i2.524.
- Sales, B. (2006). Caracterización de la materia Orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, Departamento de Ucayali, E Influencia de su uso y Manejo en el Secuestro del Carbono. Universidad de Sevilla. (Tesis Doctoral). Recuperado: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=140067>.
- Sánchez, I. (2012). Estudio técnico y económico de una planta de tratamiento de residuos vegetales en Getafe (Proyecto de Investigación). Recuperado de: <https://www.eoi.es/es/file/17899/download?token=WycYCbD0>.

- Sánchez, T., Aldrete, A., Cetina, V. y López, J. (2008). Caracterización de medios de Crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín.
- Sandoval, M., Fernández, J., Seguel, O., Becerra, J. y Rivera, D. (2011) Métodos de Análisis Físico de suelos. Recuperado de: http://www.trapananda.uach.cl/proyectos/desarrollo/lib/exe/fetch.php?media=proyectos:metodos_analisis_fisico_suelos.pdf.
- Sanzano, A. (2017). El Fósforo del suelo. Edafología. Universidad Nacional Tucumán, Facultad de Agronomía y Zootécnica. Recuperado: <https://www.edafologia.org/>.
- Sepúlveda, L., y Alvarado, L. (2013). Manual de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Sistemas de Compostaje y Lombricultura en el Valle de Aburrá. Recuperado de: www.earthgreen.com.co/descargas/manual-compostaje.pdf.
- Sierra, C. (2020), Textura, la principal propiedad física del suelo. Mercurio. Recuperado: <https://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2018/04/25/Textura-la-principal-propiedad-fisica-del-suelo.aspx>.
- Silva, J, López, P, Valencia, P. (2003). Recuperación de nutrientes en la fase sólida a través del compostaje. Cali. Colombia. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compostaje.pdf>.
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (2009) Manual de residuos sólidos. Recuperado de: https://spda.org.pe/wpfb-file/20100115181242_-pdf/.
- Soto, M. (2003) Abonos orgánicos, Principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. Abonos orgánicos: definiciones y procesos, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Scielo, 1(17), 20-49. Recuperado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000300002.

- Taboada, M., Rodríguez, M., Taboada, M. y Oropeza, J. (2010). Vulnerabilidad Estructural en Suelos de Textura Gruesa Bajo Cultivo y Huerta. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319955002>.
- Thompson, L. y Troeh, F. (1988). Los suelos y sus fertilidades. Recuperado de: https://books.google.com.pe/books/about/Los_suelos_y_su_fertilidad.html?hl=it&id=AegjDhEIVAQC&redir_esc=y.
- Toledo, M. (2016). Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras: conceptos y métodos. Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadena de Valor Agrícola Honduras, pp.152. Recuperado: <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=C934178B8CF4FF4AEFD98C07692A1AAA?sequence=1>.
- Tortosa, G. (2011). Elaboración a escala pre-industrial de enmiendas y abonos orgánicos sólidos y líquidos mediante co-compostaje de orujo de oliva de dos fases o “Alperujo” (Tesis Doctoral). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Trinidad, A., y Velasco, J., (2017) Importancia de la Materia Orgánica en el Suelo. Agro productividad. Recuperado: <https://www.researchgate.net/publication/315114517>.
- Uddin, K. y Juraimi, S. (2013). Salinity Tolerance Turfgrass: History and Prospects. Hindawi. Volumen 2013, pp. 6. Recuperado: <https://doi.org/10.1155/2013/409413>.
- Universidad de Colombia. (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. Recuperado de: http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf.
- Universidad de la Rioja. (2014). Producción sostenible del compostaje para el champiñón de la Rioja a través del análisis del ciclo de vida. Programa de Doctorado

- “Innovación en Ingeniería del Producto y Procesos Industriales”. Recuperado de:
https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE000647.pdf.
- Unger, P., Stewart, B., Parr, J. y Singh, R. (1991). Crop residue management and tillage methods for conserving soil and water in semi-arid regions.
[https://doi.org/10.1016/0167-1987\(91\)90041-U](https://doi.org/10.1016/0167-1987(91)90041-U).
- Vallejos, V. (2015). Caracterización de la Fertilidad del Suelo en tres Estadios Fenológicos del Cultivo de Papa Nativa WANK'UCHO – Santo Tomás Cusco (Tesis de Grado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Valderrama, A. (2013). Biodegradación de residuos sólidos agropecuarios y el uso del biabono como acondicionador del suelo (Maestría). Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia.
- Valverde, V. (2015). Diseño y automatización de un sistema de aireación forzada para el compostaje de residuos hortícolas en la comunidad de Gatazo Cantón Colta (Tesis Pregrado). Escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Vargas, Y. (2007). Evaluación del contenido nutrimental del compost elaborado con tres tipos de mezclas de desechos orgánicos y su efecto en el rendimiento del cultivo brócoli (Tesis Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Vásquez, J y Loli, O. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria* 9 (1), pp. 43-52. Recuperado:
<http://dx.doi.org/http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>.
- World Reference Base for Soil Resources (2015). Sistema Internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/i3794es/I3794es.pdf>.

- World Reference Base for Soil Resources (2006). A framework for international classification, correlación and comunicación. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-a0510e.pdf>.
- Zeballos, O. (2015). Calidad Físico – Química del Suelo árido en Cebolla (*Allium Cepa* L.) con Nutrabiota Plus y Fertilizantes orgánicos en la Irrigación Majes (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2091>.
- Zotarelli, L., Dukes, M. y Morgan, K. (2013). Interpretación del Contenido de la Humedad del Suelo para Determinar Capacidad de Campo y Evitar Riego Excesivo en Suelos Arenosos Utilizando Sensores de Humedad. Recuperado de: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AE/AE49600.pdf>.
- Zuleta, C. (2015). Caracterización Física y Química de los suelos de las Áreas productivas del centro Universitario del Norte. Universidad de San Carlos de Guatemala Centro Universitario del Norte (Tesis Doctoral). Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/17/17_0646.pdf.

ANEXOS

Anexo 1. Carta de autorización para acceder al área de estudio

"El Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Lima, 25 de noviembre del 2018

SOLICITUD

Sr.
Claudio Moreno
Presidente de la Asociación de "Viveros La Bloquera"

Nosotras, Leonor Barrientos Ramos y Damaris Rojas Cabrera, con DNI N°75167499 y N°76773470, estudiantes tesisistas de la Universidad Peruana Unión de carrera de ingeniería ambiental, solicito de la forma más respetuosa lo siguiente:

Cómo parte del proceso de titulación en la Universidad Peruana Unión, es requisito desarrollar un trabajo de investigación y nuestra propuesta es realizar el proyecto de tesis "Efecto de Compost de Residuos Orgánicos y Estércol Vacuno en Suelo Franco Arenoso" en la Asociación que Ustd. preside, por lo que solicitamos nos autorice el desarrollo del proyecto mencionado.

Por la atención que se digna a la presente, anticipo mis agradecimientos.


Leonor Barrientos Ramos


Damaris Rojas Cabrera


Claudio Moreno
PRESIDENTE

Anexo 2. Informes de Laboratorio del Pre Análisis de los Parámetros Físico-químico del Suelo



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



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : LEONOR BARRIENTOS RAMOS

PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARIA DEL TRIUNFO

REFERENCIA : H.R. 68278

BOLETA : 2976

FECHA : 22/05/2019

Número Muestra		pH	CE _{1:1}	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dSm	%	%	ppm	ppm	meq/100
119		8.10	12.50	8.10	0.06	6.3	190	0.00

Número Muestra		Arena	Limo	Arcilla	Clase	Humedad	N
Lab	Claves	%	%	%	Textural	%	%
119		77	12	11	Fr.A.	1.86	0.01

A = Arena ; A Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franca Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franca Arcillosa ; Fr.Ar.L. = Franca Arcillo Limosa ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcillosa

Metodologías empleadas:

- pH ó reacción del suelo: Medición en potenciómetro de la suspensión de suelo: agua en relación 1:1.
- Conductividad Eléctrica: Medición del contenido de sales solubles del extracto acuoso en la relación suelo: agua o en el extracto de la pasta de saturación.
- Calcáreo total (CaCO₃): Método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
- Materia orgánica: Método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio.
- Fósforo disponible: Método de Olsen modificado, extracción con NaHCO₃ 0.5N, pH 8.5.
- Potasio disponible: Extracción con acetato de amonio y lectura por espectrofotometría de absorción atómica.
- Cationes Al³⁺ + H⁺: Método de Yuan, extracción con KCl 1N.
- Textura del suelo: Método del hidrómetro, cuantificación del contenido de arena, limo, y arcilla en porcentaje.
- Nitrógeno total: Método de Kjeldahl.



Sady García Bendezú
Dr. Sady García Bendezú
 Jefe del Laboratorio

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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : LEONOR BARRIENTOS RAMOS
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARIA DEL TRIUNFO
REFERENCIA : R.R. 89895
BOLETA : 3480
FECHA : 22/05/2019

Número Muestra		Densidad Aparente	Densidad Real
Lab	Claves	g/cc	g/cc
3807	Suelo VMI	1.55	2.71

* *Densidad aparente* : Método del cilindro de metal. Método alternativo: Terrón con parafina.
* *Densidad real* : Método del picnómetro.



Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

Anexo 3. Informes de Laboratorio de Análisis de los compost



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



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DAMARIS ROJAS CABRERA

PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARIA DEL TRIUNFO

MUESTRA DE : COMPOST

REFERENCIA : H.R. 7003

FACTURA : 9999

FECHA : 01/10/19

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dSm	MO %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
903	Compost N° 01 - Guano de vaca, resto vegetal y tierra de cultivo	6.65	20.80	15.87	0.74	0.60	2.02
904	Compost N° 02 - Resto vegetal, aserrín y tierra de cultivo	7.70	2.77	9.94	0.43	0.48	0.61

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	H ₂ %	Na %	Reacción C/N	CIC mg/100g
903	Compost N° 01 - Guano de vaca, resto vegetal y tierra de cultivo	5.16	2.50	45.97	0.75	12.45	22.72
904	Compost N° 02 - Resto vegetal, aserrín y tierra de cultivo	3.14	1.65	39.40	0.29	13.56	19.20

1/10/19 10:00 AM



Mg Braulio La Torre Martínez
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Tel.: 014-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 e-mail: labuato@lamolina.edu.pe

Anexo 4. Informes de Laboratorio del Post Análisis de los Parámetros físico-químico del suelo.



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



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : AGROAMBIENTAL S.A.C.
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARIA DEL TRIUNFO
 REFERENCIA : H.R. 70572
 FACTURA : 5941
 FECHA : 07/11/2019

Número Muestra		pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dSm	%	%	ppm	ppm	meq/100
431	M-1, Planta N° 1, Rep. 2	7.69	4.95	6.70	2.07	30.3	696	0.00

Número Muestra		D.A	D.R.	H.G.	N
Lab	Claves	g/100	g/100	%	%
431	M-1, Planta N° 1, Rep. 2	1.32	2.61	17.72	0.09

Número Muestra		Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
Lab	Claves	%	%	%	
431	M-1, Planta N° 1, Rep. 2	75	16	9	Fr.A.

Número de Muestra		Color	Nombre del Color
Lab	Campo		
431	M-1, Planta N° 1, Rep. 2	10 YR 5/3	Pardo



Ing. Brindley La Torre Magínez
 Jefe del Laboratorio



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : AGROAMBIENTAL S.A.C.
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARÍA DEL TRIUNFO
 REFERENCIA : H.R. 70572
 FACTURA : 5941
 FECHA : 07/11/2019

Número Muestra		pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dSm	%	%	ppm	ppm	meq/100
432	M-2, Planta N° 1, Rep. 1	7.77	4.53	8.60	2.99	31.2	792	0.00

Número Muestra		D.A.	D.H.	H.G.	N
Lab	Claves	g/100	g/100	%	%
432	M-2, Planta N° 1, Rep. 1	1.32	2.59	21.13	0.13

Número Muestra		Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
Lab	Claves	%	%	%	
432	M-2, Planta N° 1, Rep. 1	75	18	7	Fr.A.

Número de Muestra		Color	Nombre del Color
Lab	Campo		
432	M-2, Planta N° 1, Rep. 1	10 YR 5/3	Pardo



Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

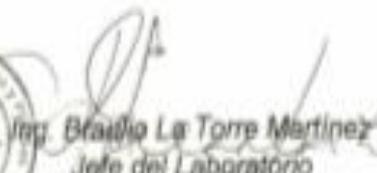
SOLICITANTE : AGROAMBIENTAL S.A.C.
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARIA DEL TRIUNFO
 REFERENCIA : H.R. 70672
 FACTURA : 6941
 FECHA : 07/11/2019

Número Muestra		pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dSm	%	%	ppm	ppm	meq/100
433	M-3 Planta N° 1, Rep. 3	7.89	4.90	8.40	2.25	25.7	650	0.00

Número Muestra		D.A.	D.R.	H.G.	N
Lab	Claves	g/g	g/g	%	%
433	M-3 Planta N° 1, Rep. 3	1.39	2.61	17.62	0.09

Número Muestra		Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
Lab	Claves	%	%	%	
433	M-3 Planta N° 1, Rep. 3	75	18	7	Fr.A

Número de Muestra		Color	Nombre del Color
Lab	Cargas		
433	M-3 Planta N° 1, Rep. 3	10 YR 6/3	Pardo pálido


 Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : AGROAMBIENTAL S.A.C.
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARIA DEL TRIUNFO
 REFERENCIA : H.R. 70572
 FACTURA : 6941
 FECHA : 07/11/2019

Número Muestra		pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	mg/100
434	M-4, Planta N° 2, Rep. 1	8.10	8.30	6.20	3.39	116.1	3260	0.05

Número Muestra		D.A.	D.R.	H.G.	N
Lab	Claves	g/cc	g/cc	%	%
434	M-4, Planta N° 2, Rep. 1	1.35	2.49	26.09	0.25

Número Muestra		Arena	Limo	Arcilla	Clase
Lab	Claves	%	%	%	Textura
434	M-4, Planta N° 2, Rep. 1	77	16	7	Fv.A.

Número de Muestra		Color	Nombre del Color
Lab	Campo		
434	M-4, Planta N° 2, Rep. 1	10 YR 5/3	Pardo

 *Ing. Braulio La Torre Martínez*
Jefe del Laboratorio



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : AGROAMBIENTAL S.A.C.
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARIA DEL TRIUNFO
 REFERENCIA : H.R. 70572
 FACTURA : 5941
 FECHA : 07/11/2019

Número Muestra		pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dSm	%	%	ppm	ppm	meq/100
435	M-5, Planta N° 2, Rep. 3	8.14	8.92	6.10	6.00	155.3	3450	0.00

Número Muestra		D.A.	O.R.	H.G.	N
Lab	Claves	g/oc	g/oc	%	%
435	M-5, Planta N° 2, Rep. 3	1.35	2.42	39.97	0.35

Número Muestra		Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
Lab	Claves	%	%	%	
435	M-5, Planta N° 2, Rep. 3	73	20	7	Fr. A.

Número de Muestra		Color	Nombre del Color
Lab	Campo		
435	M-5, Planta N° 2, Rep. 3	10 YR 5/3	Pardo



Ing. Brailio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : AGROAMBIENTAL S.A.C.
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARÍA DEL TRIUNFO
 REFERENCIA : H.R. 70672
 FACTURA : 5941
 FECHA : 07/11/2010

Número Muestra		pH	CE _{1:1}	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dSm	%	%	ppm	ppm	mg/100
436	M-6, Planta N° 2, Rep. 2	8.10	10.10	6.70	3.94	100.8	4980	0.00

Número Muestra		D.A	D.R	H.G	N
Lab	Claves	g/oc	g/oc	%	%
436	M-6, Planta N° 2, Rep. 2	1.27	2.48	30.10	0.24

Número Muestra		Arena	Limo	Arcilla	Clase
Lab	Claves	%	%	%	Textural
436	M-6, Planta N° 2, Rep. 2	73	18	9	Fr.A.

Número de Muestra		Color	Nombre del
Lab	Campo	Color	Color
436	M-6, Planta N° 2, Rep. 2	10 YR 5/3	Pardo

 *Ing. Braulio La Torre Martínez*
Jefe del Laboratorio



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : AGROAMBIENTAL S.A.C.
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARIA DEL TRIUNFO
 REFERENCIA : H.R. 70572
 FACTURA : 5941
 FECHA : 07/11/2019

Número Muestra		pH	CE _{1:5}	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dSm	%	%	ppm	ppm	meq/100
437	M-7, Planta N° 3, Rep. 1	8.10	10.38	4.00	2.71	71.0	2810	0.00

Número Muestra		D.A	D.R.	H.G.	N
Lab	Claves	g/oc	g/oc	%	%
437	M-7, Planta N° 3, Rep. 1	1.35	2.51	26.95	0.20

Número Muestra		Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
Lab	Claves	%	%	%	
437	M-7, Planta N° 3, Rep. 1	75	18	7	F.A.

Número de Muestra		Color	Nombre del Color
Lab	Campo		
437	M-7, Planta N° 3, Rep. 1	10 YR 5/3	Pardo



Ing. Braulio Lo Torre Martínez
Jefe del Laboratorio



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : AGROAMBIENTAL S.A.C.
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARIA DEL TRIUNFO
 REFERENCIA : H.R. 70672
 FACTURA : 0941
 FECHA : 07/11/2019

Número Muestra		pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	mg/100
438	M-8, Planta N° 3, Rep. 2	6.10	0.40	5.20	2.11	63.5	2180	0.00

Número Muestra		D.A.	D.R.	H.G.	N
Lab	Claves	g/100	g/100	%	%
438	M-8, Planta N° 3, Rep. 2	1.86	2.74	21.78	0.17

Número Muestra		Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
Lab	Claves	%	%	%	
438	M-8, Planta N° 3, Rep. 2	71	20	9	Fr.A.

Número de Muestra		Color	Nombre del Color
Lab	Campo		
438	M-8, Planta N° 3, Rep. 2	10 YR 5/3	Pardo



Ing. Basilio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : AGROAMBIENTAL S A C.
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARIA DEL TRIUNFO
 REFERENCIA : H.R. 70572
 FACTURA : 5941
 FECHA : 07/11/2019

Número Muestra		pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	meq/100
439	M-9, Planta N° 3, Rep. 3	8.10	6.42	3.60	2.76	73.3	2566	0.90

Número Muestra		D.A.	D.R.	H.G.	N
Lab	Claves	g/cc	g/cc	%	%
439	M-9, Planta N° 3, Rep. 3	1.43	2.95	26.96	0.18

Número Muestra		Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
Lab	Claves	%	%	%	
439	M-9, Planta N° 3, Rep. 3	75	18	7	Fr.A.

Número de Muestra		Color	Nombre del Color
Lab	Campo		
439	M-9, Planta N° 3, Rep. 3	10 YR 5/3	Pardo



Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : AGROAMBIENTAL S.A.C.
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARIA DEL TRIUNFO
 REFERENCIA : H.R. 70572
 FACTURA : 5941
 FECHA : 07/11/2019

Número Muestra		pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dSm	%	%	ppm	ppm	meq/100
440	M-10, Planta N° 4, Rep. 1	7.73	0.24	4.90	3.86	36.4	904	0.30

Número Muestra		D.A.	O.R.	H.G.	N
Lab	Claves	g/100	g/100	%	%
440	M-10, Planta N° 4, Rep. 1	1.28	2.10	25.75	0.12

Número Muestra		Arena	Limo	Arcilla	Clase
Lab	Claves	%	%	%	Textural
440	M-10, Planta N° 4, Rep. 1	75	18	7	Fr.A.

Número de Muestra		Color	Nombre del Color
Lab	Campo		
440	M-10, Planta N° 4, Rep. 1	10 YR 6/3	Pardo pálido


 Ing. Basilio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : AGROAMBIENTAL S.A.C.
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARÍA DEL TRIUNFO
 REFERENCIA : H.R. 70572
 FACTURA : 5941
 FECHA : 07/11/2018

Número Muestra		pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O	P	K	A ^{(+) + H⁽⁺⁾}
Lab	Claves	(1:1)	dSm	%	%	ppm	ppm	meq/100
441	M-11, Planta N° 4, Rep. 3	7.73	4.20	5.00	3.34	38.0	760	0.00

Número Muestra		D.A	D.R	H.G.	N
Lab	Claves	g/oc	g/oc	%	%
441	M-11, Planta N° 4, Rep. 3	1.27	2.54	24.03	0.14

Número Muestra		Arena	Limo	Arcilla	Clase
Lab	Claves	%	%	%	Textural
441	M-11, Planta N° 4, Rep. 3	73	18	9	Fr.A.

Número de Muestra		Color	Nombre del Color
Lab	Campo		
441	M-11, Planta N° 4, Rep. 3	10 YR 5/2	Pardo grisáceo


 Ing. Esteban La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio

Anexo 5. Fotos de Muestreo inicial y final, Elaboración de la enmiendas orgánicas y seguimiento del estudio





Muestreo de Suelo (Post- Análisis)



Elaboración de las Enmiendas Orgánicas



Aplicación de las Enmiendas orgánicas en el suelo



Seguimiento de adaptación de las plantas a la 1er semana de implantación

Anexo 6. Especies vegetativas resistentes a la CE que podrían ser utilizadas de acuerdo a los resultados del presente estudio.

Especies	Tolerancia
Mesotérmicas	
<i>Puccinellia spp. (Alkaligrass)</i>	T
<i>Poa annua L. (Blue grass)</i>	S
<i>Festuca rubra L. spp. (Chewing fescue)</i>	MS
<i>Agrostis tenuis (Colonial bent grass)</i>	S
<i>Festuca rubra L. spp. Rubra (Creeping red fescue)</i>	MT
<i>Agropyron cristatum (Fairway Wheat grass)</i>	MT
<i>Festuca Longifolia Thuill (Hard fescue)</i>	MS
<i>Poa pratensis L. Kentucky (Blue grass)</i>	MS
<i>Lolium perenne L. (Perennial rye grass)</i>	S
<i>Festuca arundinacea Schreb. (Tall fescue)</i>	MT
Megatérmicas	
<i>Paspalum Vaginatatum (Seashore paspalum)</i>	T
<i>Stenotaphrum secundatum (St. Augustine)</i>	T
<i>Zoysia japonica (Japanese Lawn grass)</i>	T
<i>Paspalum notatum Flugge (Bahia grass)</i>	MS
<i>Cynodon dactylon (Bermuda Tifdwarf)</i>	MS
<i>Cynodon dactylon (Bermuda sariri)</i>	MT
<i>Bouteloua dactyloides Nutt (Buffalo grass)</i>	MT
<i>Eremochloa ophiuroides (Centipedegrass) Munro</i>	S
<i>Zoysia matrella (Manila grass)</i>	MT
<i>Zoysia Tenuifolia (Korean grass)</i>	MS
<i>Digitaria didactylawild (Serangoograss)</i>	MT

Fuente: Uddin y Juraimi (2013), S: sensible (CE <3 dS/m), MS: Moderadamente sensible (CE: 3-6 dS/m), MT: moderadamente tolerante (CE: 6-10 dS/m), T: tolerante (CE>10 dS/m).

Especies	pH	MO (%)	C.E (dS/m)
<i>A triplex suberecta</i>	7.95 - 8.45	1.48 - 6.3667	50.2667 - 21.00
<i>Heliotropium curassavicum</i>	8.02 - 8.02	1.68 - 5.70	26.17 - 49.25
<i>Cynodon dactylon</i>	8.41 - 8.46	2.16 - 6.36	58.50 - 30.40
<i>Chenopodium fremontii</i>	8.02 - 8.41	1.85 - 6.96	31.92 - 59.83
<i>Solanum rostratum</i>	8.14 - 8.46	3.67 - 7.27	35.70 - 48.95
<i>Chenopodium berlandieri</i>	8.16 - 8.51	1.91 - 6.78	29.08 - 56.17
<i>Hordeum Jabatum</i>	8.16 - 8.49	1.83 - 6.78	27.47 - 53.43
<i>Chenopodium dessoratum</i>	8.12 - 8.46	1.89 - 6.78	23.75 - 51.25
<i>Amesia psilostachya</i>	8.04 - 8.35	1.89 - 6.78	27.73 - 45.10
<i>A triplex coulteri</i>	8.04 - 8.42	1.98 - 6.28	28.60 - 63.25
<i>Spergularia marina</i>	8.04 - 8.42	1.51 - 5.57	27.50 - 54.06
<i>Ranunculus Cymbalaria</i>	8.83 - 8.40	1.64 - 5.59	15.64 - 103.55

Fuente: Maldonado (2012).