

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÓNOMA**



**ESTUDIO DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL  
HUMUS ELABORADO Y UTILIZADO COMO ENMIENDA  
ORGÁNICA EN EL VALLE DEL SANTA – 2018.**

**PRESENTADO POR Bach. GONZALES VIDAL ANA LUCILA y Bach  
SANCHEZ VELÁSQUEZ GABRIELA SHANELL SESSY**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGRÓNOMO**

**CHIMBOTE – PERÚ**

**2019**



## Facultad de Ingeniería

### Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma

#### Informe del Asesor

#### Informe final de Tesis para obtener el título profesional

1) Apellidos/Nombres: **GABRIELA SHANELL SESSY SANCHEZ VELÁSQUEZ Y ANA LUCILA GONZALES VIDAL**

2) Título del informe final de Tesis: **“ESTUDIO DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL HUMUS ELABORADO Y UTILIZADO COMO ENMIENDA ORGÁNICA EN EL VALLE DEL SANTA-2018”.**

3) Evaluación del Contenido:

Se ha evaluado el contenido del informe de Tesis, se observa que se enmarca en la estructura de Tesis de la UNS. El estudio se ha desarrollado siguiendo las pautas de la Metodología de la Investigación Científica. Los resultados, discusión y conclusiones del estudio están orientado a cumplir con los objetivos y la demostración de la hipótesis.

4) Observaciones:

5) Certificación de Aprobación: El suscrito, en calidad de Asesor, recomienda la aprobación del informe de Tesis de los Bachilleres: **GABRIELA SHANELL SESSY SANCHEZ VELÁSQUEZ Y ANA LUCILA GONZALES VIDAL**. Continuar con el proceso de aprobación.

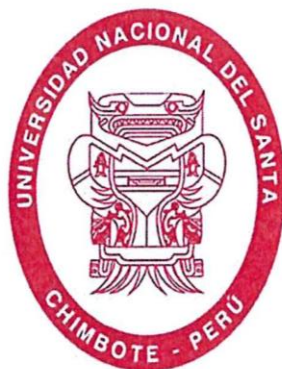
Fecha Nuevo Chimbote 23 de octubre de 2019

Ms. Pedro Antonio Vargas Linares  
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMA



**HOJA DE AVAL DEL JURADO EVALUADOR**

El presente trabajo de tesis titulado: ESTUDIO DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL HUMUS ELABORADO Y UTILIZADO COMO ENMIENDA ORGÁNICA EN EL VALLE DEL SANTA -2018, para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por los bachilleres Sanchez Velásquez Gabriela Shanell Sessy y Gonzales Vidal Ana Lucila, que tienen como Asesor al Ms. Pedro Antonio Vargas Linares, designado mediante Resolución Decanal N°397-2018-UNS-FI.

  
Ms. WILMER AQUINO MINCHÁN  
PRESIDENTE

  
Ing. GLORIA PATRICIA QUISPE SILVA  
SECRETARIA

  
Ms. PEDRO ANTONIO VARGAS LINARES  
INTEGRANTE

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

A los 13 días del mes de diciembre del año dos mil diecinueve, siendo las 12:00 m, se instaló en la Sala de Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Santa, el Jurado Evaluador titular designado con **Resolución N° 521-2019-UNS-CFI de fecha 06 de noviembre de 2019 y de Expedito según Resolución Decanal N° 760-2019-UNS-FI, de fecha 09 de diciembre de 2019**, integrado por los siguientes docentes:

- |                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| ➤ Ms. Wilmer Aquino Minchán         | Presidente |
| ➤ Ing. Gloria Patricia Quispe Silva | Secretaria |
| ➤ Ms. Pedro Antonio Vargas Linares  | Integrante |

Para dar inicio a la Sustentación y Evaluación de la Tesis, titulada: **"ESTUDIO DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL HUMUS ELABORADO Y UTILIZADO COMO ENMIENDA ORGÁNICA EN EL VALLE DEL SANTA-2018"**, perteneciente a las bachilleres: GABRIELA SHANELL SESSY SANCHEZ VELÁSQUEZ, con código de matrícula N° 0201215034 y ANA LUCILA GONZALES VIDAL, con código de matrícula N° 0201215027, Teniendo como Asesor al docente: **Ms. Pedro Antonio Vargas Linares**, según R.N° 397-2018-UNS-FI.

Finalizada la sustentación, la Bachiller respondió las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y del público presente.

El Jurado, después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con los Artículos 103° y 104° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
ANA LUCILA GONZALES VIDAL	18	Muy Bueno

Siendo las 13:00 p.m. del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, diciembre 13 de 2019

Ing. Gloria Patricia Quispe Silva  
Secretaria

Ms. Wilmer Aquino Minchán  
Presidente

Ms. Pedro Antonio Vargas Linares  
Integrante

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

A los 13 días del mes de diciembre del año dos mil diecinueve, siendo las 12:00 m, se instaló en la Sala de Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Santa, el Jurado Evaluador titular designado con **Resolución N° 521-2019-UNS-CFI de fecha 06 de noviembre de 2019 y de Expedito según Resolución Decanal N° 760-2019-UNS-FL, de fecha 09 de diciembre de 2019**, integrado por los siguientes docentes:

- |                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| ➤ Ms. Wilmer Aquino Minchán         | Presidente |
| ➤ Ing. Gloria Patricia Quispe Silva | Secretaria |
| ➤ Ms. Pedro Antonio Vargas Linares  | Integrante |

Para dar inicio a la Sustentación y Evaluación de la Tesis, titulada: **"ESTUDIO DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL HUMUS ELABORADO Y UTILIZADO COMO ENMIENDA ORGÁNICA EN EL VALLE DEL SANTA-2018"**, perteneciente a las bachilleres: GABRIELA SHANELL SESSY SANCHEZ VELÁSQUEZ, con código de matrícula N° 0201215034 y ANA LUCILA GONZALES VIDAL, con código de matrícula N° 0201215027, Teniendo como Asesor al docente: **Ms. Pedro Antonio Vargas Linares**, según R.N° 397-2018-UNS-FL.

Finalizada la sustentación, la Bachiller respondió las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y del público presente.

El Jurado, después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con los Artículos 103° y 104° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
GABRIELA SHANELL SESSY SANCHEZ VELÁSQUEZ	79	SOBRESALIENTE

Siendo las 13:00 p.m. del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, diciembre 13 de 2019

 Ing. Gloria Patricia Quispe Silva Secretaria	 Ms. Wilmer Aquino Minchán Presidente	 Ms. Pedro Antonio Vargas Linares Integrante
---	---	--

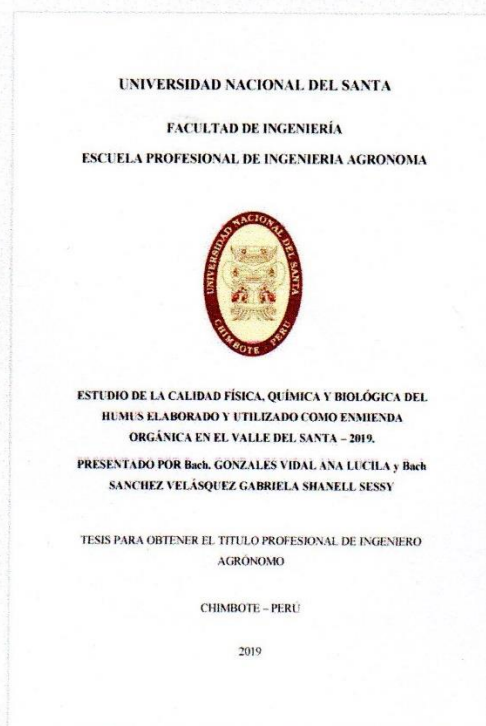


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Ana Lucila GONZALES VIDAL  
Título del ejercicio: INGENIERÍA AGRONOMA  
Título de la entrega: Estudio de la calidad física, química...  
Nombre del archivo: Tesis\_pregrado\_gabi.pdf  
Tamaño del archivo: 1.98M  
Total páginas: 160  
Total de palabras: 37,866  
Total de caracteres: 208,049  
Fecha de entrega: 27-nov-2019 10:46a.m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 1174516293



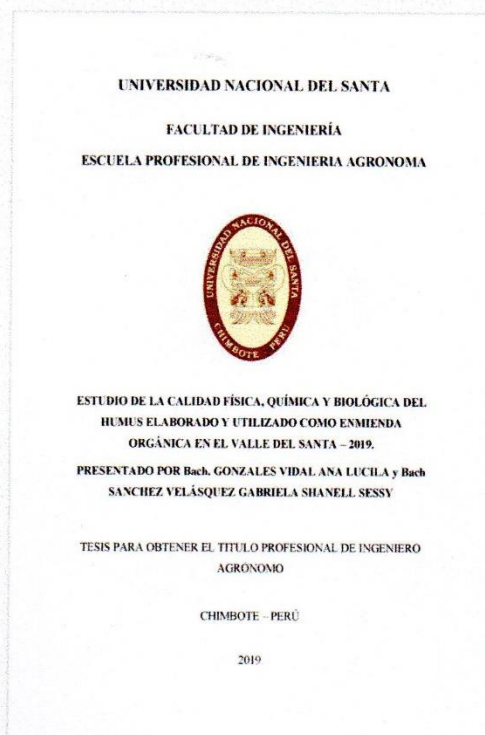


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Gabriela Shanell Sessy SANCHEZ V..  
Título del ejercicio: INGENIERÍA AGRONOMA  
Título de la entrega: Estudio de la calidad física, química...  
Nombre del archivo: Tesis\_pregrado\_gabi.pdf  
Tamaño del archivo: 1.98M  
Total páginas: 160  
Total de palabras: 37,866  
Total de caracteres: 208,049  
Fecha de entrega: 27-nov-2019 10:41a.m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 1172370727



## **Dedicatoria**

*A Dios, por haberme permitido llegar  
hasta este punto de logro profesional y  
darme salud y fuerzas para seguir y  
cumplir con cada objetivo que me  
propongo.*

*A mi familia, por ser la fuente de  
inspiración en mi vida y siempre  
brindarme el apoyo que yo requería, en  
especial a mi madre por siempre darme  
todo su cariño y apoyo en mi formación.*

***Gonzales Vidal Ana Lucila***

*“No perdáis, pues, vuestra confianza, que  
tiene grande galardón; Porque os es  
necesario la paciencia, para que,  
habiendo hecho la voluntad de Dios,  
obtenzáis la promesa.”*

*Hebreos 10: 35 - 36.*

*A Dios, quien es el que guía mi camino;  
A mis padres, mis fieles consejeros;  
A mis hermanas, mis eternas amigas;  
A mis familiares, el motor de mi vida;  
A mis amistades, el sentido de mi alegría.*

***Sanchez Velásquez Gabriela S. S.***



## **Agradecimiento**

A DIOS, por guiarme en el camino correcto para superar cada obstáculo y darme fuerza en cada momento de mi vida.

A mis Padres, por su apoyo incondicional en cada paso de mi vida y estar siempre conmigo en todo momento.

A mi tía Alicia, porque siempre estuvo cuando la necesite, por cada consejo, por cada muestra de apoyo incondicional y aunque ya no está físicamente conmigo, siempre recordaré cada momento que me apoyó en este largo camino para mi formación profesional.

A mi hermana Paula, por ayudarme cada vez que sentía que las cosas eran muy difíciles y estar juntas en este proceso de crecer profesionalmente.

A mi compañera de tesis y amiga Gabriela Sánchez Velásquez, por la dedicación brindada, el esfuerzo, la constancia, la lucha y sobre todo la responsabilidad para que nuestro proyecto de investigación pueda lograrse, pese a las dificultades siempre seguíamos adelante en cada prueba que se nos presentaba.

A nuestro asesor, el ingeniero agrónomo Pedro Antonio Vargas Linares, por apoyarnos constantemente en la elaboración y ejecución de nuestro trabajo de investigación, por la paciencia y dedicación brindada durante todo el proceso.

Gonzales Vidal Ana Lucila

## **Agradecimiento**

Al finalizar el presente trabajo de investigación, tengo en sumo agradecimiento a Dios, por ser la fortaleza de mi vida y permitirme obtener este logro tanpreciado en mi vida profesional.

A mis padres, quienes son mi ejemplo de constancia y esfuerzo, por su amor abnegado, por cada muestra de cariño, por privarse de muchas cosas por darnos lo que necesitábamos y sobre todo por apoyarme siempre. Gracias.

A mi hermana Iris, gracias por tu amor y paciencia, por estar siempre a nuestro cuidado, no tendré palabras suficientes para agradecerte por todas las alegrías compartidas en todas las etapas de mi vida.

A mi hermana Julissa, eres mi ejemplo que seguir, gracias por cada corrección, por estar siempre conmigo, sé que no existe distancia que nos separe, gracias le doy a Dios por permitirme ser parte de tu vida.

A mi compañera, Ana Lucila Gonzales Vidal, quien me permitió realizar este trabajo en su grata compañía y por su excelente trabajo durante toda esta etapa de estudio.

A mi centro de estudios la Universidad Nacional del Santa, por todas las experiencias vividas dentro de sus aulas y por la enseñanza valiosa de sus docentes.

Al ingeniero agrónomo Pedro Antonio Vargas Linares, por haber sido de guía en este trabajo de investigación, por su cooperación y por compartir con nosotras sus preciados conocimientos.

Sanchez Velásquez Gabriela Shanell Sessy

## Resumen

El humus de lombriz es un producto natural y eco amigable con el medio ambiente, es el resultado de las excretas de las lombrices, los cuales se alimentan de desperdicios orgánicos y lo transforman en una fuente portadora de nutrientes necesarios para las plantas. Sin embargo, es necesario saber la calidad de humus que se produce a través de las diferentes normas existentes. En este sentido, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la calidad física, química y biológica del humus utilizado y elaborado en el valle del Santa, para lo cual se analizaron cuatro muestras, dos muestras de las zonas productoras en los lugares de Santa y Tangay Medio, asimismo dos muestras de las agrícolas “El Agricultor” y “Frutícola Paredes”; en cada muestra se analizaron parámetros físicos, químicos y biológicos. El método utilizado se realizó de acuerdo con el protocolo del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se analizaron los parámetros físicos y químicos de las muestras, asimismo, del laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología - Marino Tabusso de la Universidad Agraria La Molina, en el cual se analizaron los parámetros microbiológicos de las muestras de humus; los resultados fueron comparados con los diferentes estándares internacionales de calidad de México, Unión Europea y Chile. Finalmente, los datos obtenidos fueron sistematizados con el uso de histogramas y procesados en el programa Excel. Los resultados indicaron que el humus elaborado y utilizado como enmienda orgánica en el valle del Santa presenta diferentes calidades, lo cual significa un condicionamiento en su uso, por lo cual se recomienda un manejo adecuado durante todo el proceso de elaboración del vermicompost (humus de lombriz) y así evitar la presencia de contaminantes perjudiciales para el cultivo y los seres humanos.

## **Abstract**

Vermicompost is a natural and ecofriendly product, it is the result of earthworm excreta, which feed on organic waste and transform it into a source of nutrients necessary for plants. However, it is necessary to know the vermicompost quality comparing it with different international norms. Thus, the present study had as objective to determine the physical, chemical, and biological quality of vermicompost used and elaborated in the Santa valley; for which four samples were analyzed: two samples from the productive areas, Santa and Tangay Medio, as well as two samples from the agricultural centers "El Agricultor" and "Frutícola Paredes". In each sample, physical, chemical and biological parameters were analyzed. The method used was carried out according to the protocol of the Laboratory of Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis of the National Agrarian University La Molina, where the chemical parameters of the samples were analyzed, likewise, of the Laboratory of Microbial Ecology and Biotechnology - Marine Tabusso of the Agrarian University La Molina, in which the microbiological parameters of the humus samples were analyzed; The results were compared with the different international quality standards from Mexico, The European Union, and Chile. Finally, the data obtained were systematized with the use of histograms and processed in the Excel program. The results showed that the vermicompost elaborated and used as an organic amendment in the Santa valley presented different qualities, which means a conditioning in its use, so that proper management is recommended during the entire vermicomposting process and thus avoid the presence of pollutants harmful to the crop and humans.

## Índice

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
I. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del Problema de Investigación.....	11
1.3. Objetivos.....	13
1.3.1. Objetivo general.....	13
1.3.2. Objetivo específico.....	13
1.4. Hipótesis.....	14
1.5. Justificación.....	14
1.6. Limitaciones del Trabajo de Investigación.....	15
II. Marco Teórico.....	16
2.2. Humus.....	17
2.2.1. Composición del Humus.....	18
2.3. Lombricultura.....	19
2.4. Características Físicas, Químicas y Biológicas de la Calidad del Vermicompost.....	24
2.4.1. Características físicas del vermicompost.....	24

a. Impureza .....	25
b. Materia seca.....	25
c. Humedad.....	26
2.4.2. Características químicas del vermicompost .....	27
a. Nitrógeno total.....	27
c. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N).....	28
d. pH .....	29
e. Conductividad eléctrica .....	31
f. Capacidad de Intercambio Catiónico.....	32
h. Ácidos Húmicos y Fúlvicos.....	34
i. Potasio .....	35
j. Calcio (Ca).....	36
k. Fósforo.....	37
l. Magnesio .....	38
m. Sodio.....	39
n. Metales pesados.....	40
o. Cadmio.....	43
p. Plomo.....	46
2.4.3. Características biológicas del vermicompost .....	49
a. <i>Escherichia coli</i> .....	49
b. <i>Salmonella spp</i> .....	50
c. Huevos de Helmintos.....	51
2.5. Estándares de Calidad para Vermicompost .....	54
2.6. Definición de Términos .....	55
III. Materiales y Métodos.....	58

3.1.	Materiales y Equipos.....	58
3.2.	Tipo y Diseño de Investigación .....	58
3.3.	Plan de Recolección de la Información .....	58
3.3.1.	Área de Estudio. ....	58
3.3.2.	Población.....	58
3.3.3.	Muestra.....	59
3.4.	Instrumentos de Recolección de la Información.....	59
3.4.1.	Identificación de los lugares de producción.. ....	59
3.4.2.	Determinación del proceso de elaboración.. ....	60
3.4.3.	Toma y envío de la muestra.. ....	60
3.4.4.	Etiquetado.....	61
3.5.	Plan de Procesamiento .....	62
3.5.1.	Análisis de variables de estudio.. ....	62
a.	Análisis físico .....	62
b.	Análisis químico .....	62
c.	Análisis biológico .....	63
3.5.2.	Técnicas e instrumentos para el procesamiento de datos. ....	63
IV.	Resultados y Discusión.....	64
4.1.	Análisis Físicos .....	64
4.1.1.	Parámetros físicos. ....	64
a.	Impurezas.....	65
b.	Materia seca.....	66
c.	Humedad.....	68
4.2.	Análisis Químicos.....	70
4.2.1.	Parámetros químicos. ....	71

a.	Nitrógeno total.....	72
b.	Materia orgánica.....	73
c.	Relación Carbono/Nitrógeno.....	75
d.	pH.....	77
e.	Conductividad Eléctrica.....	80
f.	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....	82
g.	Carbono Orgánico.....	84
h.	Ácidos Húmicos.....	86
i.	Ácidos fúlvicos.....	89
j.	Potasio.....	90
k.	Calcio.....	92
l.	Fósforo.....	94
m.	Magnesio.....	95
n.	Sodio.....	97
o.	Cadmio.....	99
p.	Plomo.....	102
4.3.	Análisis Biológicos.....	104
4.3.1.	Parámetros microbiológicos.....	106
a.	Enumeración de <i>Escherichia coli</i> .....	106
b.	<i>Salmonella sp.</i> .....	108
c.	Huevos de Helmintos.....	109
V.	Conclusiones y Recomendaciones.....	112
5.1.	Conclusiones.....	112
5.2.	Recomendaciones.....	113
VI.	Referencias Bibliográficas.....	115



VII. ANEXOS .....	136
-------------------	-----

## Índice de Tablas

Tabla 1. Parámetros máximos según las normas de México, Unión Europea y Chile.....	54
Tabla 2. Información de las muestras recolectadas, código establecido para cada muestra.....	61
Tabla 3. Resultados de los análisis físicos comparados con los estándares internacionales de calidad.....	64
Tabla 4. Resultados de los análisis químicos comparados con los estándares internacionales de calidad .....	71
Tabla 5. Resultados de los análisis biológicos comparados con los estándares internacionales de calidad .....	105

## Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de los principales productores de humus en el valle del Santa.....	59
Figura 2. Representación esquemática de los resultados del análisis de impurezas encontrado en las 4 muestras de vermicompost.....	65
Figura 3. Representación esquemática de los resultados del análisis de materia seca encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	67
Figura 4. Representación esquemática de los resultados del análisis de humedad encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	69
Figura 5. Representación esquemática de los resultados del análisis de nitrógeno total encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	72
Figura 6. Representación esquemática de los resultados del análisis de materia orgánica encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	74
Figura 7. Representación esquemática de los resultados del análisis de relación C/N encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	76
Figura 8. Representación esquemática de los resultados del análisis de pH encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	78
Figura 9. Representación esquemática de los resultados del análisis de Conductividad eléctrica encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	80
Figura 10. Representación esquemática de los resultados del análisis de Capacidad de intercambio catiónico encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	83

Figura 11. Representación esquemática de los resultados del análisis de Carbono orgánico total encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	85
Figura 12. Representación esquemática de los resultados del análisis de Ácidos húmicos encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	87
Figura 13. Representación esquemática de los resultados del análisis de Ácidos fúlvicos encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	89
Figura 14. Representación esquemática de los resultados del análisis de Potasio encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	91
Figura 15. Representación esquemática de los resultados del análisis de Calcio encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	93
Figura 16. Representación esquemática de los resultados del análisis de Fósforo encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	94
Figura 17. Representación esquemática de los resultados del análisis de Magnesio encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	96
Figura 18. Representación esquemática de los resultados del análisis de Sodio encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	98
Figura 19. Representación esquemática de los resultados del análisis de Cadmio encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	100
Figura 20. Representación esquemática de los resultados del análisis de Plomo encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....	103

Figura 21. Representación esquemática de los resultados del análisis de *Escherichia coli* encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....106

Figura 22. Representación esquemática de los resultados del análisis de Huevos de helminto encontrado en las 4 muestras de vermicompost .....110

## Índice de Anexos

Anexo 1. Cuestionario realizado a José Miguel Guarniz, productor de vermicompost en el distrito de Santa.....	136
Anexo 2. Cuestionario realizado a Orlando Correa, productor de Humus en Tangay Medio.....	139
Anexo 3. Resultados de los análisis físicos y químicos del Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas – Universidad La Molina.....	141
Anexo 4. Resultados de los análisis biológicos del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso” – Universidad La Molina.....	143

## I. Introducción

### 1.1. Antecedentes

Desde el comienzo de la agricultura pudo conocerse que las plantas que crecían sobre las acumulaciones y desperdicios orgánicos adquirían un mayor desarrollo y productividad. Por este motivo, ya en épocas lejanas se planteaba que era necesario conservar la materia orgánica del suelo para hacer de este un medio más productivo (Reinol citado por Milanés, Rodríguez, Ramos, & Rivera, 2005). El aporte de abonos orgánicos asegura la reposición de nutrientes, una buena actividad biológica y así mantener o aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y mejorar las propiedades físicas del mismo (Álvarez & Rimski, 2016).

“En la gama de alternativas para la adición de materia orgánica al suelo destaca la incorporación de vermicompost, debido a que posee gran número de nutrientes asimilables para las plantas” (Manaf citado por Salinas *et al.* 2014, p. 96). En virtud de ello, Yugsi citado por Gómez (2014) señala que el vermicompost es el abono orgánico que resulta de la transformación de materiales orgánicos como restos de cosechas, estiércol de animales y desechos de cocina mediante la acción de lombriz, el cual se alimenta del material orgánico y en su interior estos materiales son transformados en partículas más pequeños y finalmente son expulsados al exterior como heces fecales.

La lombricultura inició en los Estados Unidos a finales de la década de los años cuarenta y principios de los cincuenta, luego fue expandiéndose en países como Suiza, Holanda, España, Cuba, Japón, Canadá, entre otros, mientras que, en América latina, se inició a principios de 1980 (SISACOP, 2007). Actualmente, el uso del abono orgánico se ha convertido en una gran alternativa agroecológica, reduciendo la contaminación

ambiental y favoreciendo la salud pública, esto se ve expresado en la sustitución de prácticas agronómicas dañinas al medio ambiente como la quema de rastrojos en el campo, el uso excesivo de productos químicos en la agricultura y el uso irracional del agua de riego (Andina, 2014).

Es necesario precisar que como abono y suministros de nutrientes a las plantas muchos productos de desechos o subproductos de la granja se pueden utilizar, entre los cuales se pueden identificar los restos de cosecha y estiércol de ganado (Salgado *et al.*, 2006, p. 39).

Otro punto importante por resaltar es que el agricultor al momento de adquirir el producto conozca de su procedencia, puesto que, puede estar adquiriendo un producto que no cumpla con los requisitos técnicos. Al mencionar requisitos técnicos se están expresando parámetros que deben cumplirse tanto en el proceso de la elaboración del vermicompost como en el proceso del empaclado final (Albán, Marín, & Vásquez, 2002, p.27).

Se debe resaltar que “tanto pequeños agricultores como los productores de abonos a escala comercial deben monitorear la calidad del producto para asegurar una respuesta constante en el tiempo y no afectar en forma negativa el mercado con calidades variables” (Soto citado por Meléndez & Soto (2004), p. 91). En este contexto Alloway citado por Salgado *et al.* (2006) menciona que “es necesario guardar ciertos criterios de calidad para escoger los abonos orgánicos, ya que pueden acarrear problemas de enfermedades, toxicidad de elementos metálicos como cobre o arsénico en abonos de cerdo o pollo” (p. 40). Por lo cual Hirzel & Salazar (2011) enfatizan que “la presencia de estos elementos en las enmiendas orgánicas está dada principalmente por el tipo de



animal, dieta de los animales, su eficiencia de conversión, y el tratamiento previo a su utilización”.

Por lo cual, se considera que la calidad de un abono está dada por el uso que se le quiera dar, el cual dependerá también de las exigencias del agricultor y de sus objetivos (Meléndez & Soto (2004), p. 92). En este sentido, la calidad del vermicompost dependerá muchas veces “de la materia orgánica utilizada en su producción, teniendo vermicompost con diferentes características fisicoquímicas al igual que microbiológicas: mientras mayor sea la diversidad de elementos que dan origen a dicho vermicompost mayor será su contenido de nutrientes y de microorganismos” (Félix *et al.*, 2008, p. 57).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, Candelaria *et al.* (2012) señala que, si se desea obtener un vermicompost de buena calidad, es necesario prestar vital atención al tipo de desecho utilizado para su elaboración, dado que mientras más variado sea el origen de la composta, mayor valor nutritivo tendrá. Adicionalmente Gómez *et al.* (2013), refiere que la calidad o composición del vermicompost depende de varios factores, principalmente, de la composición del sustrato utilizado en su producción (p. 46).

En virtud de ello, Diaz (2002) señala en su guía “Lombricultura una alternativa para la producción”, en colaboración con la Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior (ADEX) que los valores analíticos del vermicompost son: 1.5 a 3% de nitrógeno (N), 0.5 a 1.5% de fósforo ( $P_2O_5$ ), 0.5 a 1.5% de potasio ( $K_2O$ ), 0.2 a 0.5% de magnesio (MgO), 260 a 580 ppm de manganeso (Mn), 85.0 a 100.0 ppm de cobre (Cu), 85.0 a 400.0 ppm de zinc (Zn), 10 a 20 ppm de cobalto (Co), 3 a 10 ppm de boro (Bo), 2.5 a 8.5% de calcio (Ca), 8 a 14% de carbonato de calcio, 28 a 68% de ceniza, 5

a 7 % de ácidos húmicos, 2 a 3% de ácidos fúlvicos, 6.5 a 7.2 de pH, 30 a 40% de humedad, 3 a 6% de materia orgánica, 75 a 80 meq 100g<sup>-1</sup> de capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica (CE) hasta 3.0 milimhos cm<sup>-1</sup>, 1500 a 2000 cc kg<sup>-1</sup> seco de retención de humedad, 700 a 800 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> de superficie específica, y una carga bacteriana (+) de 2000 millones de colonias de bacterias vivas g<sup>-1</sup> (p. 27).

Con relación a lo anterior, Gómez *et al.* (2007) indica en su investigación:

“Producción de humus de lombriz”, elaborado por el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México, que la composición del vermicompost está dada por 6.8 – 7.2 de pH, 30 a 50% de materia orgánica, 1.5 a 3.35% de nitrógeno total, 27 a 67% de cenizas, 2.8 a 8.7% de calcio total, 8.0 a 14.0% de carbonato de calcio, 8.7 a 38.8% de carbono orgánico, 0.2 a 0.78% de magnesio total, 700 a 2500 ppm de fósforo total, 1110 a 7700 ppm de potasio total, 260 a 576 ppm de manganeso total, 72 a 490 ppm de cobre total, 87 a 1201 ppm de zinc total, 5500 a 9583 ppm de hierro total, 150 a 300 meq 100g<sup>-1</sup> de capacidad de intercambio catiónico, 1300 a 1500 cm<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> de capacidad de retención de agua, 9 a 13 de relación C/N, 20000 a 50000 millones g<sup>-1</sup> en conteo de bacterias (p. 19). Asimismo, Román *et al.* (2013), indica que las propiedades químicas del vermicompost están compuestas por 2.8 a 5.8% de ácidos húmicos, 0.02% de sodio, 0.05% de cobre, 0.02% de hierro, 10 a 11% de Relación C/N (p. 99).

Por otra parte, García (2013) señala que el contenido de elementos solubles del humus obtenido a partir del residual urbano contiene 28.83% mg kg<sup>-1</sup> de carbono orgánico y 1245.87 mg kg<sup>-1</sup> de carbono soluble, su contenido en ácidos es, ácido fúlvico 1245.87 mg kg<sup>-1</sup>, ácido húmico 1422.59 mg kg<sup>-1</sup> y de ácido indolacético es 24.98 mg kg<sup>-1</sup>. Por otro lado, el vermicompost producido de estiércol de vacuno contiene 29.95% mg kg<sup>-1</sup> de carbono orgánico, y 1374.36 mg kg<sup>-1</sup> de carbono soluble, su contenido en

ácidos es, 1727.47 mg kg<sup>-1</sup> de ácido fúlvico, 2755.71 mg kg<sup>-1</sup> en ácido húmico y 57.03 mg kg<sup>-1</sup> de ácido indolacético (p. 3). La concentración total de metales pesados en el humus a base de estiércol vacuno contiene 12473 mg kg<sup>-1</sup> de Fe, 752 mg kg<sup>-1</sup> Mn, 84.1 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, 241.4 mg kg<sup>-1</sup> de Zn, 12.4 mg kg<sup>-1</sup> de Pb, 30.7 mg kg<sup>-1</sup> de Ni (p.4).

Asimismo, Cajas (2009) indica que el efecto del aserrín pulverizado al utilizarse como sustrato en la alimentación de lombrices resulta muy efectivo, pero únicamente hasta una combinación correspondiente a 50% de aserrín más 50% de estiércol; indicando que niveles más altos de aserrín causan un menor rendimiento en la reproducción, calidad del vermicompost y aumentan el tiempo de conversión sustrato fertilizante; lo cual no es conveniente para la producción (p. 67).

Con relación a lo anterior, Delgado (2004) describe que el contenido total y disponible de elementos minerales presentes en el vermicompost a base de residuos vegetales contiene 10.20% de calcio total, 0.330% de magnesio total, 1.23% de fósforo total y 0.09% de fósforo disponible, 1.45% de potasio total y 0.05% de potasio disponible, 1.209 ppm de manganeso total y 18.1 ppm de manganeso disponible, 126 ppm de cobre total y 6.8 ppm de cobre disponible, 341 ppm de zinc total y 223 ppm de zinc disponible; mientras que el contenido total y disponible de elementos minerales presentes en el vermicompost a base de guano de bovino y guano de conejo contiene 8.26% de calcio total, 0.521% de magnesio total, 1.73% de fósforo total y 0.79% de fósforo disponible, 1.32% de potasio total y 0.83% de potasio disponible, 455 ppm de manganeso total y 8.4 ppm de manganeso disponible, 140 ppm de cobre total y 1.4 ppm de cobre disponible, 398 ppm de zinc total y 46 ppm de zinc disponible; por lo cual el investigador destaca que la variación en las concentraciones minerales es dependiente de la composición de los sustratos.

En México existe la norma NMX-FF-109-SCFI-2008 para vermicompost, la cual establece especificaciones de calidad que debe cumplir esta enmienda, asimismo en Chile se tiene la Norma de Calidad de Compost, encargado de establecer la clasificación y requisitos de calidad de compost producido a partir de residuos orgánicos, así como de otros materiales orgánicos generados por la actividad humana (forestales, cultivos y ganaderos).

En México se han creado algunas normas que establecen las especificaciones de calidad que debe cumplir el vermicompost que se produce o se comercializa en su territorio. Entre ellos se destaca contener no más de 1.5 % de impurezas inorgánicas extrañas no contaminantes, tales como vidrios, metales y plásticos (NMX-FF-109-SCFI-2008, p. 6).

De acuerdo con la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008) existen tres grados de calidad para el vermicompost: Extra, Primera y Segunda. El grado de calidad Extra presenta material extraño (% sobre materia seca peso sobre peso) de 0.0 a 1.5%; material orgánico no digerido por las lombrices (% sobre materia seca peso sobre peso) de 0 a 3.0%; material inerte (% vidrio, metales, plásticos, etcétera) < 0.5%; semillas viables (semillas L<sup>-1</sup>) ≤ 1 y lombrices vivas (lombrices L<sup>-1</sup>) < 0.2 (una por cada 5L); el grado de calidad de Primera presenta material extraño (% sobre materia seca peso sobre peso) de 1.51 a 3.0 %; material orgánico no digerido por las lombrices (% sobre materia seca peso sobre peso) de 3.1 a 6.0 %; material inerte (% vidrio, metales, plásticos) de 0.51 a 1.0 %; semillas viables (semillas l<sup>-1</sup>) > 1 y ≤ 1.5 y lombrices vivas (lombrices l<sup>-1</sup>) 0.2 (una por cada 5 l); y el grado de calidad Segunda presenta material extraño (% sobre materia seca peso sobre peso) de 3.1 a 5.0 %; material orgánico no digerido por las lombrices (% sobre materia seca peso sobre peso) de 6.1 a 10.0 %;

material inerte (% vidrio, metales, plásticos) de 1.01 a 1.5 %; semillas viables (semillas  $L^{-1}$ )  $>1.5$  y  $\leq 2$  y lombrices vivas (lombrices  $L^{-1}$ ) 0.4 (dos por cada 5 l) (p. 8) .

En este sentido Decisión (UE) 2015/2099 de la Comisión Europea, de 18 de noviembre de 2015, el cual establece los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica de la UE a sustratos de cultivo, enmiendas del suelo y cubiertas del suelo—señala que las cantidades de contaminantes físicos debe ser menor a 0.5% medido de peso seco para vidrio, metal y plástico con una granulometría superior a 2mm en el producto final. Por otra parte, solo para enmiendas de suelo y cubiertas de suelo el contenido de materia seca del producto final debe ser al menos el 25% de materia seca, no obstante, para los sustratos de cultivo, el pH debe estar entre 4 y 7.

Del mismo modo, la Norma Chilena sobre calidad de compost NCh2880 señala que el contenido máximo en impurezas de tamaño  $\leq 15$  mm en compost clase A y B, se clasifica de la siguiente manera: plásticos flexibles y/o películas mayor a 5 mm debe ser menor o igual a 0.05% peso en base seca, piedras y/o terrones de barro mayor a 5 mm debe ser menor o igual a 5 % peso en base seca, vidrio y/o metales y/o caucho y/o plásticos rígidos mayor o igual a 2 mm debe ser menor o igual a 0.5%; asimismo, para compost inmaduro las impurezas de tamaño menor igual a 15 mm, no debe superar el 15 % de la masa total del producto, sobre base seca (p. 15).

Respecto a la humedad presente en el vermicompost, este al poseer una alta población microbiana benéfica, el material final debe mantenerse necesariamente entre 50 y 60% de humedad (Henríquez & Mora, 2003). Es por eso, que el agua es uno de los componentes principales en el mundo de lombriz y en muchos casos, su presencia puede llegar a desestimarse, dando lugar a productos excesivamente mojados o bien rescos. En todos sus grados de calidad, el vermicompost debe especificar el agua y

rango porcentual en peso, tomando como 100% al peso fresco del humus de lombriz (NMX-FF-109-SCFI-2008, p. 6-7).

De igual manera (SISACOP, 2007) señala que en México se considera ciertas características para obtener vermicompost de calidad, el agua debe estar limpia y libre de contaminantes, además de estar cerca del lugar donde se va a establecer el proyecto. La cantidad de agua requerida es mínima siempre y cuando se realicen los riegos con estricto control.

De acuerdo con la Norma Chilena NCh2880, en todas las clases de compost se debe presentar un contenido de humedad mayor o igual al 25% de la masa del producto y menor o igual al contenido de materia orgánica +6, si este contenido es mayor de 40% de la masa del producto; o menor o igual al contenido de materia orgánica +10, si el contenido de materia orgánica es menor de 40% de la masa del producto. En este sentido la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 declara que el contenido de humedad en vermicompost debe presentarse entre 20 a 40 % (sobre materia húmeda). Asimismo, el Real Decreto 506/2013 establece que el vermicompost debe poseer 40% de humedad máxima. Por lo tanto, la selección de la mejor humedad para comercializar un producto corresponde a un balance de criterios de humedad mínima que favorezca la actividad microbiana y reducir los costos de transporte de materiales muy húmedas. En general se considera que los abonos orgánicos con un 40% presentan un buen balance (Meléndez & Soto 2004, p. 94).

Por otro lado, en todos los grados de calidad de acuerdo a la Norma Mexicana, el vermicompost debe cumplir con las siguientes especificaciones fisicoquímicas; presentar un contenido de nitrógeno total de 1 a 4% (base seca), materia orgánica de 20% a 50% (base seca), relación C/N menor igual a 20, pH de 5.5 a 8.5, conductividad

eléctrica menor igual de  $4 \text{ dS m}^{-1}$ , capacidad de intercambio catiónico mayor de  $40 \text{ cmol kg}^{-1}$  y densidad aparente sobre materia seca (peso volumétrico) de  $0.40$  a  $0.90 \text{ g ml}^{-1}$  (NMX-FF-109-SCFI-2008, p. 9).

En este sentido la Norma Mexicana NTEA-006-SMA-RS-2006—la cual establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos—indica que los requisitos físico-químicos de los mejoradores de suelos debe ser de  $6.5$  a  $8.0$  de pH, materia orgánica mayor a  $15\%$ , relación C/N menor a  $12$ , fósforo mayor a  $0.1\%$  o  $1000 \text{ ppm}$ , potasio mayor a  $0.25\%$  o  $2500 \text{ ppm}$  y relación potasio-sodio mayor a  $2.5$  (p. 8).

De acuerdo con la Norma Chilena de Calidad de Compost NCh2880, toda clase de compost (clase A, B e Inmadura) debe contener  $\leq 0.1\%$ , sobre base seca de fósforo total,  $\geq 0.8\%$  en base seca de nitrógeno total,  $< 1\%$  sobre base seca en sodio,  $\leq 5 \text{ mmho cm}^{-1}$  de conductividad eléctrica en compost clase A, entre  $5 \text{ mmho cm}^{-1}$  y  $12 \text{ mmho cm}^{-1}$  de conductividad eléctrica en compost clase B; para la relación C/N en compost clase A debe ser entre  $10$  y  $25$ , en compost clase B debe ser entre  $10$  y  $40$ , para el compost inmaduro o subestándar, la relación C/N debe ser como máximo  $50$ ; el pH del compost debe estar entre  $5$  y  $7.5$ ; la materia orgánica en compost clase A debe ser mayor o igual a  $45\%$ , en compost clase B el contenido de materia orgánica debe ser  $\geq 25\%$ .

Asimismo, el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, señala que la enmienda orgánica vermicompost debe poseer  $30\%$  de materia orgánica, menor a  $4 \text{ dS m}^{-1}$  de conductividad eléctrica, relación C/N menor a  $20$ ; asimismo debe superar el  $1\%$  para los siguientes elementos: nitrógeno total, nitrógeno orgánico,  $\text{P}_2\text{O}_5$  total y  $\text{K}_2\text{O}$  total; de igual manera debe superar el  $2\%$  de óxido de calcio,  $2\%$  de óxido

de magnesio y el 3% de óxido de sodio. Por otro lado, el 90 % de las partículas deberán pasar por la malla de 25 mm.

Por otro lado, es necesario saber que las enmiendas orgánicas presentan microelementos y metales pesados en su composición, los que aportan elementos trazas a las plantas. Sin embargo, el uso de dosis de enmiendas orgánicas que impliquen una aplicación de microelementos por sobre los requerimientos generan una acumulación tanto de ellos como de metales pesados, que a través del tiempo pueden ser tóxicos para la planta. La presencia de estos elementos en las enmiendas orgánicas está dada principalmente por el tipo de animal, dieta de los animales, su eficiencia de conversión, y el tratamiento previo a su utilización (Hirzel & Salazar, 2011, p. 5).

De acuerdo con García (2013), muchos países han establecido o están en vías de establecer normativas que fijan los niveles de contaminación por metales pesados permisibles en suelo, planta y abonos orgánicos y son muchos los que aconsejan no utilizar estos productos en cultivos de consumo directo (p. 3). En este sentido, la Norma Técnica Estatal Ambiental de México NTEA-006-SMA-RS-2006, el cual establece requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos, informa que el contenido de cadmio en dicho producto no debe superar  $1 \text{ mg kg}^{-1}$ . Por otra parte, acorde a Decisión (UE) 2015/2099 de la Comisión Europea para enmiendas del suelo, cubiertas del suelo y los componentes orgánicos de sustratos de cultivo, indican que el contenido limite en cadmio es  $1 \text{ mg kg}^{-1}$  y para plomo es  $100 \text{ mg kg}^{-1}$ . Asimismo, la Norma Chilena NCh2880 en compost para agricultura orgánica, establece que todas las clases de compost deben contener  $1 \text{ mg kg}^{-1}$  de cadmio, así como,  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  de plomo.



Por otro lado, los límites máximos permisibles para especificaciones microbiológicas según las Normas Oficiales Mexicanas emanadas de la Secretaría de Salud vigentes para *Escherichia coli* corresponde a 1000 número más probable (NMP) por g en base seca, para *Salmonella spp*, 3 NMP en 4 g en base seca, para huevos *helminthos* viables (solo será exigible a solicitud expresa de la autoridad competente) una tolerancia de 1 en 4 g en base seca (NMX-FF-109-SCFI-2008, p. 9).

Acorde a lo anterior, Decisión (UE) 2015/2099 de la Comisión Europea establece que los valores límites de *E. coli* es de 1000 unidades formadoras de colonias (UFC) de peso fresco, mientras que la presencia de *Salmonella sp.* debe estar ausente en 25 g de peso fresco. Asimismo, la Norma Chilena de Calidad de Compost NCh2880, señala que para todos los tipos de compost (clase A, clase B e Inmaduro) deben tener una densidad de coliformes fecales menor a 1000 NMP por gramo de compost, base seca; ausencia de salmonella sp.; ausencia de huevos de helmintos (p.10).

Acorde a lo investigado, se determina la importancia del vermicompost utilizado como enmienda orgánica. Sin embargo, para que este abono cumpla con las expectativas esperadas, es necesario que presente ciertos parámetros físicos, químicos, y biológicos que determinen su calidad. Debido a esto, esta investigación trata de estudiar la calidad física, química y biológica del vermicompost que se elabora y produce como enmienda orgánica en el valle del Santa, Departamento de Ancash, Perú.

## **1.2. Planteamiento del Problema de Investigación**

El Perú se encuentra entre los 10 países del mundo que contribuyen a la degradación ambiental, de acuerdo con la "Evaluación del Impacto Ambiental Relativo de los Países" realizada por las universidades de Adelaide (Australia),

Princeton (EE. UU) y Nacional de Singapur (Revista Noticias Aliadas, 2013, p. 29), es por ello la importancia de realizar buenas prácticas agrícolas. Entre ellos se encuentra la elaboración de abonos orgánicos, los cuales nos ayudan a conservar la fertilidad del suelo, tal es el caso del vermicompost, utilizado como enmienda orgánica que ayuda a “mejorar notablemente las características físicas del suelo” (Albán *et al.*, 2002, p. 11).

A pesar de la importancia de su proceso de elaboración, el Perú aún no cuenta con normas o parámetros que establezcan la producción de vermicompost, sin mencionar que esta información es muy valiosa para aquellos productores de vermicompost. Los productores deben tener presente que su producto se debe realizar tomando en cuenta las normas de calidad y la metodología adecuada para la obtención de productos inocuos al medio ambiente, además de saber si se están empleando desechos orgánicos adecuados para su elaboración.

En este sentido, no se tiene una información adecuada acerca de la calidad del vermicompost que se produce en el valle del Santa, y, sobre todo, si la concentración de contaminantes de esta enmienda orgánica está sobrepasando los límites máximos permisibles, cuyas consecuencias afectarían negativamente en los cultivos y el mismo suelo. Por otro lado, se sabe que en los últimos años ha aumentado la demanda de productos orgánicos y con ello la utilización de enmiendas orgánicas que satisfagan sus necesidades. No obstante, al no conocer la calidad del vermicompost producido, esto puede acarrear diversos efectos negativos en su producción. Por lo tanto, ante tanta incertidumbre e interrogantes sobre la calidad del vermicompost, nos formulamos el siguiente problema.

¿Cuál es la calidad física, química y biológica del vermicompost elaborado y utilizado como enmienda orgánica en el Valle del Santa?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar la calidad del vermicompost elaborado y utilizado como enmienda orgánica en el valle del Santa.

#### **1.3.2. Objetivo específico**

- Determinar la calidad física del vermicompost utilizado como enmienda orgánica mediante la determinación de porcentaje de impurezas, materia seca y humedad.
- Determinar la calidad química del vermicompost utilizado como enmienda orgánica mediante la caracterización agronómica y contenido de metales pesados.
- Determinar la calidad biológica del vermicompost utilizado como enmienda orgánica mediante la determinación de agentes patógenos y benéficos.

#### **1.4. Hipótesis**

El vermicompost elaborado y utilizado como enmienda orgánica en el valle del Santa, presenta diferentes calidades físicas, químicas y biológicas que superan los estándares internacionales.

#### **1.5. Justificación**

El presente trabajo de investigación se justifica debido a la escasa información acerca de la calidad del vermicompost elaborado y utilizado como enmienda orgánica en el Valle del Santa, departamento de Ancash, Perú. La información a obtener está referida a la calidad física, química y biológica del vermicompost, teniendo como referencia las normas internacionales de México, Unión Europea y Chile. Asimismo, se pretende determinar si el vermicompost elaborado en el valle del Santa cumple con las normas o características que requiere un vermicompost de calidad.

Al obtener los resultados, se espera iniciar una mayor investigación para determinar cuál debe ser el proceso adecuado para obtener esta enmienda. En comparación con México, La Unión Europea y Chile que cuentan con normas de calidad establecidas, el Perú aún no tiene trabajos de investigación que abarquen este tema. Esta investigación será un aporte de nuevos conocimientos para los pequeños y grandes productores de vermicompost en el valle del Santa; de tal manera que los que elaboran este producto utilicen este estudio como guía y base para la elaboración del humus de lombriz, de acuerdo a lo señalado en las normas internacionales de México, Unión Europea y Chile; asimismo, para resaltar los riesgos que podría

presentar el vermicompost al contener metales pesados así como organismos patógenos peligrosos para la salud humana.

En este sentido, Moreno (citado por Salinas *et al.*, 2014, p.1) resalta que “el suelo debe ser considerado un ente vivo y, en la medida que aumenta la presencia de microorganismos; las características físicas, químicas y biológicas de éste serán más adecuadas para el desarrollo de los cultivos”. Hoy en día se tiene en cuenta que el cuidar el medio ambiente es una necesidad que se debe ejercer; por ello, la utilización de abonos orgánicos ya sea como el compost o vermicompost es de gran responsabilidad.

Por lo planteado, el trabajo ayudará a contribuir con el cuidado del suelo, el medio ambiente y por consecuencia, el de las personas.

## **1.6. Limitaciones del Trabajo de Investigación**

En el desarrollo de la tesis se presentaron las principales limitaciones:

- Carencia de empadronamiento de los productores de humus de lombriz en el valle del Santa.
- El costo elevado de los análisis requeridos en las muestras del humus de Lombriz.

## II. Marco Teórico

### 2.1. Materia Orgánica

Los residuos orgánicos son aquellos que pueden ser descompuestos por la acción natural de organismos vivos como lombrices, hongos y bacterias (Ruiz, 2005, p.50). La materia orgánica desempeña un papel fundamental en la estructura del suelo, puesto que proporciona una función insustituible en el mantenimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo. La fuente original de materia orgánica en los suelos de cultivo proviene de la incorporación de restos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, así como de la biomasa microbiana (Ribo, citado por Kalil, 2007).

Según Jacobs, Uexhull, Monroy, Viniegra, & Cross (citado por Ríos & Rivera, 1993), “la adición de materia orgánica a suelos ácidos y deficientes en nutrientes es importante para elevar el contenido de macronutrientes y micronutrientes. Ella activa los procesos microbiales, mejorando las propiedades físicas y químicas”, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de los cultivos (p. 38). Mayea *et al.* (citado por Kalil, 2007) señala que la materia orgánica constituye no solo la fuente de energía y nutrientes para los microorganismos del suelo, sino que también es la fuente de materia para la humificación posterior, es decir, el humus duradero, el cual es difícil descomponer.

La “aplicación de determinadas enmiendas orgánicas constituye en la actualidad una puerta de entrada de nuevos componentes orgánicos ajenos a dicho suelo, que van a interactuar con los compuestos y elementos propios del mismo” (García *et al.*, 2002, p.136).

## 2.2. Humus

Todos los residuos de origen vegetal y animal que llegan al suelo conforman la materia orgánica del mismo; la principal fuente de ella son los residuos vegetales, los cuales aportan energía y alimento a los organismos del suelo, al mismo tiempo que son la materia prima para la formación de los coloides orgánicos (humus) que se acumulan en el suelo (Jaramillo, 2002, p.63). Los componentes orgánicos o humus son resultado de la descomposición de los restos de seres vivos por acción de las bacterias y los hongos. Su presencia da calidad al suelo, retiene el agua y sirve como fuente de alimento de microorganismos que fertilizan el suelo (Sabroso & Pastor 2004, p. 11).

Ortega (2012) señala que el humus es una mezcla compuesta por moléculas orgánicas, de naturaleza coloidal, proveniente de la descomposición de la materia orgánica. En algunos textos se habla de humus joven, cuando se observan restos orgánicos macroscópicos, y de humus elaborado cuando la descomposición química no deja rastro de dichos materiales a la vista.

De acuerdo con Mayea *et al.* (citado por Kalil, 2007) el humus es una mezcla de compuestos complejos y no un material único, estos compuestos son materiales resistentes, modificados a partir del tejido originario, o compuestos sintetizados de tejidos microbianos con restos de organismo muertos. El humus afecta las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso (Julca, Meneses, Blas, & Segundo, 2006, p. 50).

Sherman-Huntoon, citado por Gómez *et al.* (2007) indica que los microorganismos contenidos en el humus favorecen el equilibrio entre los microorganismos que viven en el suelo, de manera que controlan el crecimiento de los dominantes y evitan su proliferación y el daño a las plantas, o estimulan el crecimiento de bacterias benéficas de lento desarrollo.

### **2.2.1. Composición del Humus.** Urzúa & Bollo (citado por Fernández, 2003)

señalan que el humus está compuesto por ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Los ácidos húmicos y fúlvicos en el humus son esencial para las plantas en cuatro formas básicas: 1. Permite a la planta extraer nutrientes del suelo, 2. Ayuda a disolver minerales no resueltos para hacer materia orgánica listo para que las plantas lo utilicen, 3. Estimula el crecimiento de la raíz, 4. Ayuda a las plantas a superar el estrés (Sinha *et al.*, 2010, p. 81).

- Ácidos húmicos: Es soluble en una solución alcalina, pero precipita cuando se acidifica el extracto. Es de color café oscuro, de alto peso molecular (5.000-300.000 daltons), altamente polimerizado, íntimamente ligado a arcillas y resistente a la degradación. Contiene alrededor de 50-62% de carbono (Florenza *et al.*, citado por Fernández, 2003).
- Ácido fúlvico: Es la fracción húmica que permanece en la solución acuosa acidificada soluble en ácidos y bases. Es de color pardo- amarillento, de menor peso molecular (900-5.000 daltons) y posee cerca de 43-52% de carbono (Florenza *et al.*, citado por Fernández, 2003).
- Huminas: Constituyen la parte no soluble, por lo tanto, no son extraíbles de las sustancias húmicas (Florenza *et al.*, citado por Fernández, 2003).



### 2.3. Lombricultura

Lombricultura es el cultivo de desarrollo de poblaciones de lombrices. Un proceso limpio y de fácil aplicación para reciclar una amplia y variada gama de residuos biodegradables (restos orgánicos), produciendo abono y lombrices (Schuldt, 2006, p. 20). Asimismo, “la lombricultura puede concebirse como centro de un biosistema de reciclaje de la materia, y de ella se obtienen grandes beneficios ecológicos y socioeconómicos, a la vez que se hace un uso óptimo y racional de los recursos y del ambiente” (Reines *et al.*, 1998, p. 10).

El humus de lombriz también llamado vermicompost, worm casting o lombricompost se caracteriza por presentar macroelementos como carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos benéficos, hormonas y todas las macro y micronutrientes con valores que dependen de las proporciones y de las características químicas del sustrato que sirve como alimento a las lombrices (Díaz ,2002, p. 26).

De acuerdo con Jaramillo (2002), el vermicompost posee alta acumulación de elementos nutricionales indispensables en el desarrollo de la planta, mejorando las condiciones físicas del suelo en relación a la humedad y la estabilidad estructural (p. 443 - 444). Fundación Terra (2003) indica que el vermicompost es una actividad limpia que no produce mal olor y que genera un fertilizante que, tanto seco como en forma de líquido, resulta muy útil, ya que posee 7 veces mayor de nitrógeno y fósforo, 11 veces mayor de potasio, 6 veces mayor de magnesio y el doble de calcio que la tierra de alrededor (p. 24). En este sentido, el excremento de las lombrices constituye un fertilizante bio-orgánico, suave, liviano, desmenuzado y limpio (Díaz, 2002, p. 26).

El vermicompost también absorbe compuestos de reducción que se han formado en el suelo por compactación, neutralizando la presencia de sustancias contaminantes como residuos de insecticidas y herbicidas (Gómez, Espinoza, Gonzales, & Salazar, 2007, p. 20). Es por ello que Yadav & Gupta (2017), consideran al vermicompost como “una técnica respetuosa con el medio ambiente y rentable para mitigar los desafíos de la fertilidad del suelo y gestión de residuos orgánicos”.

En este sentido, Méndez (2010) informa el aumento de las cosechas en experimentos efectuados con vermicompost en distintas especies de plantas en comparación con aquellos provenientes de la fertilización con estiércol, o con abonos químicos (p. 25). Asimismo, en terrenos que habían quedado casi estériles producto del exceso de fertilizantes químicos, diversos estudios demuestran que la incorporación de vermicompost ayuda en el incremento de la flora bacteriana inicial, recuperando la fertilidad del suelo (Sifuentes, 1987, p. 24). En este sentido, Mogollón, Martínez, & Torres (2016) indican que el vermicompost también puede actuar como un correctivo efectivo en la recuperación de suelos sódicos y salinos, disminuyendo la conductividad eléctrica y el porcentaje de sodio intercambiable.

Por otro lado, Pireh, Yadavi, & Balouchi (2017) señalan que la aplicación de vermicompost ayuda a disminuir los efectos tóxicos de cloruro de cadmio en la soja, aumentando el peso del grano por planta, el número de vainas por planta y el porcentaje de aceite de semilla. Asimismo, Singh & Kalamdhad (2006) resalta que las lombrices de tierra disminuyen la movilidad y disponibilidad de los metales pesados durante la formación del vermicompost a través de dos principales adaptaciones celulares: uniendo los metales a proteínas nucleares formando cuerpos de inclusión nucleares, y a través de procesos citoplasmáticos que involucran la

síntesis de una proteína que específicamente incorpora metales, por ejemplo, metalotioneína, dentro del tejido cloragógeno presente en la superficie externa de los intestinos de la lombriz.

Asimismo, Carraquero, Flores, Perozo, & Pernaletе (2006) demostró que la aplicación de vermicompost puede reducir la presencia de plomo en las plantas, puesto que al aplicar vermicompost a un suelo donde se había sembrado una planta de frijol blanco; asimismo siendo este regado con soluciones de nitrato de plomo, la absorción de plomo se redujo a 81% en hojas y tallo, entre tanto que la reducción en las raíces se encontró alrededor de 50%, por lo cual concluye que la presencia de plomo en la planta puede estar limitada por la presencia de vermicompost en el suelo.

Gómez *et al.* (2007) indica que “el sustrato que se utiliza para alimentar a las lombrices es materia orgánica, parcial o totalmente descompuesta, de origen muy diverso que puede ser residuos de cosechas, aserrín, residuos agroindustriales, basura y estiércol de animales” (p.11). El resultado del uso de estos materiales es el vermicompost, enmienda considerada como mejorador de suelos y fuente de nutrición para las plantas (Ríos, 2010, p. 51).

Por otro lado, Acosta (2007) indica que “las lombrices tienen la capacidad de pasar varias toneladas del suelo a través de su cuerpo, proceso en el cual degradan la materia orgánica y algunos minerales, dejando gran cantidad de nutrientes en disposición para la nutrición de las plantas” (p. 59). Las cuales reciclan aquellos materiales que no se pueden utilizar directamente en el campo (Rodríguez, 2005, p. 2).

Según Tineo (citado por Rodríguez, 1997) la lombriz de tierra presenta diferentes colores variando de pálidos, rosados, negros, marrones y rojos intensos con franjas amarillentas entre los segmentos, su forma es cilíndrica con secciones cuadrangulares, el tamaño varía de acuerdo con las especies de 5 a 30 cm de largo y su diámetro oscila entre 5 a 25 mm, el número de segmento es de acuerdo con la especie, variando de 80 a 175 anillos (p. 3).

En el vermicompost, la lombriz utilizada corresponde a la lombriz roja *Eisenia foetida* y *E. Andrei*. *E. foetida* es ideal para la lombricultura por las siguientes razones: su tasa de reproducción es relativamente alta, es resistente a las variaciones de temperatura, pH y humedad, acepta diversos alimentos de origen orgánico y digiere el alimento en horas y lo excreta como humus (Alegre, s.f., p. 48). La lombriz Roja de California (*Eisenia foetida*) es una especie hibridada y seleccionada a partir de especies italianas e ibéricas (Fundación Terra, 2003, p. 23-24).

Por ejemplo, Romero & Chamorro (citado por Jaramillo, 2002) demostraron que las deyecciones de *Eisenia foetida*, provenientes de residuos de naranjo, banano, granadilla, papaya y café mezclados con suelo del páramo de Chisacá, presentan mayores valores de capacidad de intercambio catiónico, pH, bases totales, carbono, Ca, Mg, K, y N que en suelo original (p. 445).

Respecto al sustrato utilizado para el vermicompost, en un estudio realizado por Ríos & Rivera (1993) se demostró que los mayores niveles de N, P, K, Ca y Mg en vermicompost son producto del uso de guano de ovino con mezcla de orujo, maleza y aserrín, además que la mejor respuesta a la incorporación de vermicompost en el suelo—en términos de peso y número de frutos de pepino—fue con el vermicompost proveniente de guano de ovino o en mezclas de aserrín, orujo y maleza (p. 45).

El vermicompost contribuye con una amplia gama de nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas, y también mejora las características físicas del suelo (Alegre, s.f., p. 50). Sardi (citado por Alegre, s.f.) señala que entre los indicadores de calidad del vermicompost se encuentran parámetros como pH, con un rango de 7 a 7.3, materia orgánica con un rango de 50% a 60%, humedad con un rango de 45% a 47%, nitrógeno con un rango de 2% a 3%, fósforo con un rango de 1% a 1.5%, y potasio con un rango de 1% a 1.5% (p. 51). Schuldt (2006) afirma que, en síntesis, el vermicompost posee una amplia gama de ventajas frente a otros abonos, pudiendo destacarse no solo un aporte de macroelementos (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio) y de microelementos (zinc, hierro, cobre, manganeso, boro), sino que estos se hallan balanceados adecuadamente (p. 27).

Asimismo, Fundación Origen (s.f.) indica que el vermicompost tiene hasta un 5% de nitrógeno, de fósforo y potasio, un 4% de calcio, 25 veces más fósforo, y más de dos veces de potasio que el estiércol de vaca. Su carga bacteriana es de 2 billones por gramo y presenta un pH entre 7 y 7.5. Su elevada solubilización se debe a su carga enzimática y bacteriana, lo cual lo hace rápidamente asimilable por las plantas, propiciando un aumento de porte, protección contra enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante su trasplante.

De acuerdo con Nagavallema *et al.* (2004), el contenido de nutrientes en muestras de vermicompost debe poseer 9.8% a 13.4% de carbono orgánico, 0.51% a 1.61% de nitrógeno, 0.19% a 1.02% de fósforo, 0.15% a 0.73% de potasio, 1.18% a 7.61% de calcio, 0.093% a 0.568% de magnesio, 0.058% a 0.158% de sodio, 0.0042% a 0.110% de zinc, 0.0026% a 0.0048% de cobre, 0.2050% a 1.3313% de hierro y 0.0105% a 0.2038% de manganeso. Asimismo, señala que el compost de jardín debe contener 12.2% de carbono orgánico, 0.8% de nitrógeno, 0.35% de fósforo, 0.48%

de potasio, 2.27% de calcio, 0.57% de magnesio, < 0.01% de sodio, 0.0012% de zinc, 0.0017% de cobre, 1.17% de hierro, 0.04% de manganeso (p. 2).

Respecto a las propiedades químicas del vermicompost, Méndez (2010) indica que el vermicompost es un producto fitorregulador, el cual posee agentes reguladores de crecimiento como auxina, giberelina, y citoquinina, sustancia producida por el metabolismo secundario de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de la planta (p. 12).

Por otra parte, la adaptación del vermicompost varía según el tipo de vegetación que se desea sembrar. Por ejemplo, los pastos requieren 0.5 kg por m<sup>2</sup> durante la siembra y dos aplicaciones líquidas a 10% por año en el agua de riego; los árboles de reforestación en general necesitan 200 a 300 gramos por hoyo en la siembra y 500 a 600 gramos por planta al año, incrementándose 30% la dosis por año; los frutales de climas templados requieren 0.5 kg por hoyo durante la siembra y de 1 a 2 kg por planta por año, aumentándose 30% cada año subsiguiente (Alegre, s.f., p. 51).

## **2.4. Características Físicas, Químicas y Biológicas de la Calidad del Vermicompost**

**2.4.1. Características físicas del vermicompost.** Para poder presentarse comercialmente como vermicompost, el producto final debe cumplir con los siguientes parámetros:

#### **a. Impureza**

Cuando voluntaria o ex profesamente se añade algún componente ajeno a la materia orgánica prima, el fabricante se obliga a señalar la naturaleza, origen o contenido del material incorporado, utilizando el término “adicionado con...” y especificando la cantidad proporcional total en g kg-1 de vermicompost. El vermicompost debe contener no más de 10 % de material orgánico no ingerido por las lombrices, representada en la forma de ramas o fibras ligno-celulósicas, materia orgánica cruda, o reseca, no digerida por las lombrices. Contener no más de 1.5% de impurezas inorgánicas extrañas no contaminantes, tales como vidrios, metales, plásticos, entre otros (NMX-FF-109-SCFI-2008, p.10).

#### **b. Materia seca**

La materia seca está compuesta por dos fracciones: inorgánica y orgánica. La fracción inorgánica está compuesta por elementos minerales (sílice); la fracción orgánica contiene hidratos de carbono (Estructurales y no estructurales), compuesto nitrogenados, lípidos, vitaminas, ácidos orgánicos y pectinas. La materia seca es la resultante de la extracción del agua que contienen las plantas al estado fresco o verde (Demagnet, s.f.). El contenido de humedad y de materia seca de cada enmienda orgánica es variable en función de la partida, época del año de producción, manejo de la enmienda en el plantel de producción o cancha de compostaje (Hirzel & Salazar, 2016, p. 21).

El método más utilizado para determinar la materia seca es el de la eliminación del agua libre por medio del calor, seguida por la determinación del peso del residuo, siendo necesario someter las muestras a temperaturas que aseguren un secado rápido

para eliminar pérdidas por acción enzimática y respiración celular (Batteman citado por De la Rosa *et al.*, 2002, p. 92).

### **c. Humedad**

Bueno et al. (2013) asegura que “siendo el compostaje un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos y es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células, así como de los productos de deshecho de las reacciones que tienen lugar durante dicho proceso (...)” (p. 2).”

El agua es uno de los componentes principales contenidos en el vermicompost y en muchos casos, su presencia puede llegar a desestimarse, dando lugar a productos excesivamente mojados o bien resecos. En todos sus grados de calidad, el vermicompost debe especificar el contenido de agua y rango porcentual en peso, tomando como 100% al peso fresco del vermicompost. (NMX-FF-109-SCFI-2008, p.10).

Para la producción de vermicompost, Díaz (2002) indica que debe de proveerse a las cunas una humedad inicial del 70% hasta llegar al 40% al final para facilitar la ingestión del alimento y el deslizamiento de las lombrices a través del material. Se debe tener en cuenta no llegar a niveles de estancamiento en que se pudra el mismo, debido a la fermentación anaeróbica que trae como consecuencia la muerte de las lombrices. Es por ello, que el alimento debe presentarse poroso y húmedo, no compactado ni anegado; asimismo, también el canal o galería por donde se desliza la lombriz debe estar lleno de aire y las paredes húmedas. Por otra parte, la exposición a



sol muy fuerte produce sequedad y elevación de la temperatura, pudiendo llegar a detener la reproducción.

También se debe tener en cuenta, que cuando la enmienda orgánica está muy húmeda se puede dificultar la aplicación a través de maquinaria, por tanto, se deberá elegir la forma y maquinaria apropiada para la aplicación, de manera de asegurar una aplicación homogénea en el campo. Se recomienda de todas formas emplear enmiendas orgánicas de humedad (menor a 45%) (Hirzel & Salazar, 2016).

#### **2.4.2. Características químicas del vermicompost**

##### **a. Nitrógeno total**

Sierra & Rojas (2000) señalan que el “principal elemento que aporta la materia orgánica para el crecimiento de las plantas es el nitrógeno. Generalmente más del 95% del nitrógeno total del suelo se encuentra en estado orgánico formando parte de la materia orgánica”. El nitrógeno es uno de los elementos principales para las plantas porque estimula su crecimiento y contribuye a la pigmentación verde de sus hojas (Ecoplexity, 2007).

Álvarez & Rimski (2016) afirman que el nitrógeno inmediatamente disponible para las plantas es el que se encuentra en el suelo como amonio y nitratos. Dichas fracciones solo representan alrededor del 2% del nitrógeno total del suelo. El resto del nitrógeno se encuentra dentro de la materia orgánica humificada y debe mineralizarse para pasar a estar en forma inorgánica y disponible para los cultivos (p. 70).

## **b. Materia Orgánica**

La materia orgánica del suelo es uno de los factores más importantes para determinar la productividad del suelo en forma sostenida. Especialmente en las regiones tropicales, donde las temperaturas elevadas y, en algunas zonas, la alta humedad acelera la descomposición, el manejo adecuado de la materia orgánica en los suelos es todavía más importante. Representa una estrategia básica para darle vida al suelo, porque sirve de alimento a todos los organismos que viven en él, particularmente a la microflora responsable de realizar una serie de procesos de gran importancia en la dinámica del suelo, en beneficio del crecimiento de las plantas (Brechelt, 2004)

Se enfatiza que la presencia de materia orgánica en el suelo contribuye a mantener la biodiversidad, mejorar la estructura del suelo, incrementar la retención de agua, favorecer la porosidad y prevenir la erosión (López *et al.*, 2014).

## **c. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)**

La relación Carbono/Nitrógeno (C/N) de un suelo permite seguir el estado de descomposición de las materias vegetales. Para caracterizar el estado más o menos avanzado de la evolución de la materia orgánica del suelo y, en consecuencia, de su nivel de humificación, se utiliza la relación C/N (carbono/nitrógeno). Esta relación es siempre elevada para las materias orgánicas frescas y desciende durante el proceso de humificación hasta estabilizarse en valores próximos a 10 (Bascones, s.f.).

Gamarra *et al.* (2018) señala que el valor C/N indica que la tasa de la mineralización es buena, debido a que estimula la proliferación de microorganismos

que mineralizan la materia orgánica y, en consecuencia, los nutrientes están disponibles para la pastura y el componente arbóreo del sistema.

El valor de la ratio (relación cuantificada entre dos magnitudes) es mayor o igual a 50 en las pajas de cereales sin descomponer; en el estiércol hecho, éste no pasa de 25, y tiende, según el grado de humificación, a un valor constante, que en los suelos de la zona templado-húmeda está próximo a 10—humus estable o estabilizado. En esta situación, el humus contiene aproximadamente un 5% de nitrógeno, y en la práctica, multiplicando por 20, el contenido de nitrógeno total del suelo, se tiene una buena aproximación de su contenido en humus (Orus *et al.* 2011, p. 23).

#### **d. pH**

Las letras pH son una abreviación de *pondus hydrogenii* traducido como potencial de hidrógeno, y fueron propuestas por Sorensen en 1909, quien las introdujo para referirse a concentraciones muy pequeñas de iones hidrógeno. Sorensen, creador del concepto de pH, lo define como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno en una solución (García, 2015).

En los suelos, el pH es usado como un indicador de la acidez o alcalinidad de éstos y es medido en unidades de pH. El pH es una de las propiedades más importantes del suelo que afectan la disponibilidad de los nutrimentos, controla muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tiene una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas (Melendez, 2014).

Bárbaro *et al.* (2014) indica que el aumento o disminución del pH del medio depende de varios factores, entre ellos el pH del sustrato, la alcalinidad del agua, la actividad de cal, la acidificación por las raíces de la planta, y el uso de un fertilizante

de reacción ácida o básica. Existen materiales que son ácidos, como la turba *sphagnum*, turba subtropical o compost de corteza de pino. Al formular un sustrato con estos materiales pueden resultar ácidos, en especial, si se los emplea puros. Una forma de incrementar el pH, cuando el sustrato a utilizar tiene valores menores a 5, es mediante la adición de cal (dolomita, calcita).

Aguirre (2009) señala que se observan cambios de las propiedades físicas y químicas de los suelos por efecto de distintas calidades de agua de riego. Esta variación está en función de la composición y cantidad del agua de riego aplicado, características del suelo (textura, drenaje, contenido de materia orgánica, pH, CIC), condiciones climáticas que prevalecen en la zona y cultivos a regar. Asimismo, se reportan incrementos del pH, conductividad eléctrica (CE) y el porcentaje de Sodio intercambiable (PSI) en valores variables según situaciones de riego.

Asimismo, López & Mickelbart (s.f.) señalan también que la alta alcalinidad del agua produce un alto pH del sustrato. Cuando el pH del sustrato es alto, algunos nutrientes no son disponibles para las plantas incluso si los nutrientes están presentes en el sustrato. La deficiencia más común causada por el pH alto del sustrato es la deficiencia de hierro, que se caracteriza por la presencia de clorosis intervenal de las hojas, especialmente en hojas nuevas. Si se agrava, la deficiencia de hierro puede aparecer como amarillamiento o blanqueamiento de hojas nuevas enteras. Los ejemplos de bases que contribuyen a la alcalinidad en una solución son los carbonatos, bicarbonatos, amoníaco, boratos, fosfatos y silicatos. Sin embargo, en la práctica, los principales contribuyentes al agua alcalina son carbonatos y bicarbonatos, que son comunes en las aguas subterráneas en el medio oeste.

Según Vásquez & Loli (2018), el vermicompost presenta mejores índices de calidad, dados por su menor valor de pH, menor salinidad, menor concentración de sodio y una mayor humedad retenida, que lo convierten en un sustrato más adecuado para ser utilizado en la agricultura. Asimismo, las enmiendas reducen los rangos de variación del pH del suelo debido a su poder tampón.

#### **e. Conductividad eléctrica**

La concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato se mide mediante la conductividad eléctrica (CE), el cual es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, el valor será más alto cuanto más fácil se mueve la corriente a través de este. Esto significa que, a mayor CE, mayor es la concentración de sales. Se recomienda que la CE de un sustrato sea baja, en lo posible menor a  $1 \text{ dS m}^{-1}$  (1+5 v/v). Una CE baja facilita el manejo de la fertilización y evita problemas por fitotoxicidad en el cultivo (Bárbaro *et al.*, 2014 p. 7).

Bueno *et al.* (2013) indica que la dosis de compost que puede añadirse a un suelo debe ser proporcional a la conductividad eléctrica del compost. Un exceso de salinidad en la solución del suelo dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas, de modo que, en algunos casos, en esas condiciones, solo prosperan las especies resistentes.

La conductividad eléctrica del vermicompost en general es baja debido a que durante el proceso de vermicompostaje las lombrices no sobreviven a valores de conductividad superiores a  $8 \text{ dS m}^{-1}$  (Edwards citado por Vargas *et al.*, 2014).

Sin embargo, de acuerdo con El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Compost de corteza de pino debe tener 0.30 de CE, en Compost de resto

de poda 0.54, en Pinocha 0.55, en turba subtropical 0.50, en Turba *sphagnum* 0.18, en Turba de carex 0.64, en vermicompost 1.92, en Fibra de coco 0.90, en Perlita 0.01, y en Vermiculita 0.09 de CE (Barbado, Karlanian, & Mata, 2014, p. 8).

#### **f. Capacidad de Intercambio Catiónico**

Se define a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) como los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo adsorben cationes de la fase acuosa liberando al mismo tiempo otros iones en cantidades equivalentes, estableciéndose el equilibrio químico entre ambas fases. La CIC refleja la suma total de los cationes intercambiables de un suelo. Cuanto mayor es la CIC, mayor es la cantidad de cationes que éste puede retener (adsorber). Los suelos difieren en su capacidad de retener cationes intercambiables. La CIC depende sobre todo de la cantidad y tipo de arcillas y del contenido de materia orgánica presentes en el suelo (Corso, 2014).

“A medida que el contenido de arcilla y/o materia orgánica aumentan, el suelo en cuestión tendrá mayor CIC. Esta capacidad de retener e intercambiar cationes es un indicador directo de la fertilidad de los suelos” (Abrego, s.f.).

Según Orus *et al.* (2011) un suelo con alta capacidad de intercambio catiónico es capaz de retener temporalmente mayor cantidad de nutrientes y ponerlos progresivamente a disposición de la planta y será más efectivo conservando las aportaciones de fertilizantes (p. 16).

## **g. Carbono Orgánico**

El carbono orgánico del suelo interviene en las propiedades biológicas, básicamente actuando como fuente energética para los organismos heterótrofos del suelo (Martínez, Fuentes, & Acevedo, 2008).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Grupo Técnico Intergubernamental de Suelos (GTIS) indican que la cantidad de carbono orgánico del suelo (COS) almacenada depende del equilibrio entre la cantidad de carbono que entra en el suelo y la que sale del suelo como gases de respiración basados en carbono, procedentes de la mineralización microbiana y, en menor medida, de la lixiviación del suelo como carbono orgánico disuelto.

Asimismo, el carbono también se puede perder o ganar a través de la erosión o deposición del suelo, en este sentido FAO & GTIS (citado por FAO, 2017, p.1) señalan que los niveles de almacenamiento de COS se controlan principalmente gestionando la cantidad y el tipo de residuos orgánicos que entran en el suelo, y minimizando las pérdidas de C del suelo.

Según Martínez *et al.* (2008), en su estudio titulado “Carbono orgánico y propiedades del suelo” el carbono orgánico del suelo favorece la agregación del suelo e interviene en la distribución del espacio poroso del suelo, afectando diversas propiedades físicas, como humedad aprovechable, capacidad de aire y movimiento de agua y gases en el suelo.

Además, el carbono orgánico del suelo formado por compuestos de diversa naturaleza química y estado de descomposición, interviene en las propiedades químicas del suelo, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y la capacidad tampón sobre la reacción del suelo (pH) (Martínez *et al.*, 2008).

## **h. Ácidos Húmicos y Fúlvicos**

“Los ácidos húmicos y fúlvicos son agentes naturales quelatantes de metales catiónicos, por lo que son utilizados para la nutrición mineral de los cultivos debido a la acción acomplejante que ejercen sus grupos funcionales carboxílicos (COOH) e hidroxilicos (OH)” (Molina, 2002).

Asimismo, estos son capaces de fijar los nutrientes que son aplicados con los fertilizantes al suelo, disminuyendo las pérdidas por lixiviación e inmovilización. Además, son activadores de la flora microbiana del suelo con lo que aumenta la mineralización de la materia orgánica y la consecuente liberación de nutrientes a formas disponibles para las raíces de las plantas (IICA & CATIE, 2003).

Los ácidos húmicos y fúlvicos incrementan la capacidad de intercambio catiónico del suelo y la retención de humedad. Estimulan el desarrollo de la raíz y a nivel foliar aumenta la permeabilidad de la membrana celular facilitando la absorción de nutrimentos (IICA & CATIE, 2003). Por otra parte, Inofuentes (2013) señala que los ácidos húmicos poseen mayor peso molecular, mayor incremento de capacidad de intercambio catiónico en el suelo, actuación más lenta pero mayor persistencia de actuación, mayor influencia en el incremento de reservas y fertilidad del suelo, menor penetración foliar y radicular pero más movilidad de los nutrientes en la planta, entre tanto que los ácidos fúlvicos poseen menor peso molecular, mayor formación de complejos órgano-metálicos, mayor rapidez de actuación pero menor persistencia, mejor penetración foliar y radicular, menor incremento de la capacidad de intercambio catiónico.

De acuerdo con Vásquez (2013), las sustancias húmicas poseen efecto indirecto en sobre el crecimiento de las plantas. El efecto indirecto se relaciona con la capacidad



de las sustancias húmicas de regular el flujo de nutrientes por su alta capacidad de intercambio catiónico; solubilización de microelementos como el Fe, Zn, Mn, Cu y algunos macroelementos como el K, Ca, P.

Por otra parte, los efectos biológicos de las sustancias húmicas en la planta, aumenta la permeabilidad de las membranas celulares, incrementa el contenido de vitaminas en las plantas, estimula el crecimiento, incrementa la respiración de las raíces, interviene en el proceso de la fotosíntesis; asimismo, es un activador enzimático (Samaniego citado por Vásquez, 2013, p.16).

#### **i. Potasio**

Es un mineral relativamente abundante en la corteza terrestre (el séptimo elemento más abundante) y, en general, abunda en los suelos (en diferentes minerales como los feldespatos, las micas, y también en algunas arcillas) (Orus et al., 2011, p. 19).

El Potasio (K) “que suple de 1 al 4% del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones: activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas” (FAO citado por Gonzales, 2015). Imas (2005) indica que el K es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal y es indispensable en la agricultura moderna de altos rendimientos. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes, 2002).

Los cultivos absorben potasio en grandes cantidades, igual o incluso más que el nitrógeno. El potasio es vital para los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas, y no solo aumenta los rendimientos de los cultivos, sino que también

beneficia muchos aspectos de la calidad del cultivo. En muchos de los procesos metabólicos de la planta, el potasio juega un rol clave: es esencial en la fotosíntesis, promueve la síntesis, translocación y el almacenamiento de carbohidratos y optimiza la regulación hídrica en los tejidos vegetales (Imas, 2005).

#### **j. Calcio (Ca)**

Acorde a la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (2002), el calcio (Ca) es esencial para el crecimiento de las raíces y para el tejido celular de las membranas. Asimismo, es esencial para la formación de compuestos que forman parte de la estructura de la pared celular y para mantener la integridad de las membranas celulares, afectando la permeabilidad e integridad de la misma y, por ende, la absorción nutrimental, promoviendo o limitando el flujo de nutrientes hacia el interior de la raíz (Torres, Ticante, Calderón, & Marín, s.f., p. 5-6).

Sánchez & Vidal (citado por Monge & Blanco, 1994) señalan que entre las especies vegetales existen notables diferencias en cuanto a sus requerimientos de calcio, lo que ha motivado el establecimiento de dos grupos totalmente diferenciados. Algunas especies precisan un medio edáfico en el que abunde este elemento y constituyen el grupo de plantas calcícolas, entre las que se encuentran la remolacha azucarera, la zanahoria y algunas leguminosas.

Otras se desarrollan mejor cuando son escasas las formas más o menos solubles de calcio y está poco saturado el complejo absorbente, constituyendo el grupo de las especies acidófilas (altramuz, sandía). La mayor parte de las plantas cultivadas se sitúan entre ambos extremos, es decir, viven mejor y les basta con que el complejo de

cambio esté suficientemente saturado con una adecuada proporción de calcio (Sánchez & Vidal, citado por Monge & Blanco, 1994).

La cantidad total de Ca en el suelo es variable, dado que, en suelos áridos y calcáreos, los niveles de Ca son muy altos. En cambio, en suelos viejos de los trópicos, el nivel de Ca es bajo. En el caso de los suelos arcillosos, estos contienen más Ca que los suelos arenosos (Universidad en el Campo, 2011, p. 75).

Con fines prácticos, el calcio no se considera tóxico a las plantas. Aunque es raro, los niveles excesivos de calcio en el suelo pueden reducir la absorción de la planta de nutrientes tal como el fósforo, el potasio, el magnesio, el boro, el cobre, el hierro o el zinc, resultando en deficiencias de estos nutrientes (TETRA Technologies, 2004).

#### **k. Fósforo**

El Fósforo (P) se clasifica como un nutriente primario cuya concentración total en los cultivos varían de 0.1% a 0.5 %. El fósforo es un elemento necesario en todos los procesos que requieren transferencia de energía en la planta. Los fosfatos de alta energía, que son parte de la estructura química de la adenosina difosfato (ADP) y de la ATP, fuente de energía que empuja una multitud de reacciones químicas dentro de las células (Informaciones Agronómicas, 2001).

Según Sierra & Rojas (2000), el contenido de fósforo orgánico en los suelos es muy variable, constituyendo generalmente entre un 20% y 80% del fósforo total presente en la capa arable del suelo; el resto se encuentra asociado a la fracción inorgánica del suelo como: arcillas, óxidos de Fe y Al, y precipitado como fosfatos de calcio y magnesio.

## 1. Magnesio

Compo Expert (2014) señala que las plantas absorben el magnesio (Mg) en su forma iónica  $Mg^{++}$ , el cual es la forma de magnesio disuelto en el suelo. La absorción de magnesio por las plantas está determinada por dos procesos principales: 1. Absorción pasiva, impulsada por la corriente de transpiración o flujo de masa, 2. Difusión, movimiento de iones de magnesio desde zonas de alta concentración hacia zonas de menor concentración. Por lo que, las cantidades de magnesio que la planta puede absorber dependen de su concentración en la solución del suelo, así como en la capacidad del suelo para reponer la solución del suelo con magnesio.

Altas concentraciones de magnesio suelen encontrarse en algunos suelos salinos y alcalinos, así como en aquellos que presentan un alto contenido en carbonato magnésico. A pesar de todo ello, la mayoría de los suelos agrícolas tienen un bajo contenido de magnesio, particularmente aquellos que se encuentran en zonas húmedas y climas tropicales (Summers, s.f., p. 2-3).

El magnesio interviene en varios procesos fisiológicos y bioquímicos críticos para la planta, como síntesis de proteínas, recarga del floema, partición y asimilación de los productos de la fotosíntesis, y participa en la activación de numerosas enzimas. Una deficiencia de magnesio afecta el crecimiento y el rendimiento de la planta. Por ejemplo, el amarillamiento en forma de clorosis intervenal en las hojas viejas de la planta es uno de los síntomas típicos del estrés a causa de una deficiencia de Mg (Cakmak & Yazici, 2010).

La absorción de Mg por parte de la planta está influenciada negativamente por una alta relación de K/Mg, Ca/Mg y  $NH_4/Mg$ , así como un bajo valor de pH de los suelos. De esta forma, aunque el suelo tenga un alto contenido de Mg, puede aparecer una

deficiencia de magnesio latente o aguda para las plantas si las relaciones anteriores se presentan. Asimismo, aunque las rocas madres de algunos suelos pueden contener cantidades muy altas de magnesio, los contenidos totales de este elemento están entre 0.05% y 0.5%, de estos porcentajes, la planta solo puede aprovechar el magnesio que se encuentra disuelto en la solución suelo (Summers, s.f., p. 2-3).

### **m. Sodio**

El sodio (Na) es un elemento benéfico para las plantas superiores porque puede sustituir parcialmente al K en funciones no específicas, contribuyendo a la generación de potencial osmótico y turgencia celular (Malavolta *et al.*, citado por Ortega & Malavolta, 2012, p. 19). Aunque el sodio no es un elemento esencial para las plantas, este elemento puede ser usado en pequeñas cantidades, al igual que los micronutrientes, como auxiliar para el metabolismo y en la síntesis de clorofila. En algunas plantas, puede ser empleado como sustituto parcial de potasio y es útil en la apertura y el cierre de estomas, lo cual ayuda a regular el equilibrio interno de agua (PROMIX, 2018).

PROMIX (2018) señala que los síntomas de deficiencia de sodio no son muy evidentes puesto que no se trata de un elemento esencial. La deficiencia de cloruro puede presentarse si, de manera permanente, el sustrato contiene menos de 2 ppm de esta sal. Sus síntomas se presentan como manchas cloróticas acompañadas de puntos necrosados localizados entre las venas o en las orillas de las hojas más jóvenes. En casos avanzados, la deficiencia de cloruro puede provocar marchitamiento. Ambas deficiencias son raras, puesto que estas sales se encuentran en la mayoría de las fuentes de agua, así como en los fertilizantes (como impurezas).

Por otro lado, Ortega & Malavolta (2012) precisan que “las plantas con síntomas severos de deficiencia se recuperan rápidamente, una semana después de recibir Na en solución nutritiva. La respuesta de Na depende del mayor o menor transporte del mismo hacia la parte aérea”.

#### **n. Metales pesados**

Se debe tener en cuenta que “un contaminante es cualquier sustancia en el medio ambiente que cause efectos cuestionables, perjudicando el bienestar del entorno, reduciendo la calidad de vida y eventualmente causando la muerte” (Duruibe *et al.*, 2007 p.1-2). Acorde con lo anterior, “la cantidad de metales disponibles en el suelo está en función del pH, el contenido de arcillas, contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y otras propiedades que las hacen únicas en términos de manejo de la contaminación” (Sauve *et al.*, citado por Judith *et al.*, 2009, p.31).

“Los metales pesados son componentes naturales de la corteza de la tierra que son cinco veces más pesados en densidad que el agua. Estos metales pesados son encontrados en varias formas los cuales no pueden ser destruidos o degradados” (Ñaccha & Aguilar, 2015, p. 84). Estos metales se encuentran de forma natural como constituyentes del terreno en muy pequeñas cantidades (cantidades traza), como consecuencia de la propia geoquímica de los materiales que la proceden, y se consideran contaminantes cuando superan las cantidades naturales en el suelo (Sabroso & Pastor, 2004, p.17).

Entre los principales metales considerados como peligrosos se incluyen el Cd, Pb, Hg, Cu, Sb, Cr, Ni y As. Los efectos nocivos de estos metales incorporados en las

plantas primero, y después sobre el resto de los seres vivos de la cadena alimentaria, dependerán en gran parte de las características del suelo y de la resistencia de los seres vivos a estos contaminantes (García *et al.*, 2002, p.133).

Según la norma oficial mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSAI-2004, que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y vanadio; señala que las concentraciones de referencia totales ( $CR_T$ ) por uso agrícola, residencial y comercial ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) para Cadmio, por ejemplo, es 37 y para el plomo 400 (Ardavin & García, 2007, p. 8).

Los metales pesados también pueden pasar a la atmósfera por volatilización y pueden ser movilizados a las aguas superficiales o subterráneas (Según García & Dorronsoro, citado por Prieto *et al.*, 2009, p.31). La peligrosidad de un metal en el suelo se debe entender, en primer lugar, como el propio efecto de dicho metal sobre la calidad del mencionado suelo, y en concreto, sobre su actividad microbiana (García *et al.*, 2002, p.133).

En general, los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: la primera, quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la fase acuosa del suelo ocupando sitios de intercambio; segunda, específicamente adsorbidos sobre constituyentes inorgánicos del suelo; tercera, asociados con la materia orgánica del suelo y cuarta, precipitados como sólidos puros o mixtos (García & Dorronsoro, citado por Prieto, González, Román, & Prieto, 2009, p.31).

Una de las fuentes de cadmio en planta es la materia orgánica, los constituyentes de la materia orgánica proporcionan sitios para la adsorción de los metales, en grupos funcionales con comportamiento ácido, tales como carboxílicos, fenólicos,

alcohólicos, enólicos-OH y grupos aminos. La materia orgánica puede retener a los metales tanto por su capacidad de intercambio catiónico como su capacidad quelante. Por ejemplo, es probable que, en suelos con contenido de materia orgánica relativamente elevado, haya abundancia de micorrizas que contribuyan a la adsorción de cadmio (Sánchez, citado por Gonzales, 2010, p. 35).

Las micorrizas arbusculares pueden favorecer la adsorción de fósforo por las raíces y contribuir a la solubilización de los fosfatos y con ellos a la liberación de cationes que como el cadmio podrían ser adsorbidos por el cultivo (Sánchez, citado por Gonzales, 2010, p. 35). Cuando mayor sea la capacidad de intercambio mayor será la capacidad del suelo de fijar los metales.

Se debe tener presente que los abonos orgánicos obtenidos a partir de residuos sólidos urbanos deben contar con una evaluación de sus contenidos en metales pesados previo a su uso en la agricultura, puesto que estos elementos se pueden acumular en el suelo, afectando el rendimiento de los cultivos, la salud de los animales y de las personas (Rodríguez *et al.*, 2012).

Debido a esto, todos los países europeos han reconocido que el compostaje de los residuos domésticos sin selección tiene un futuro limitado. Esto es por las cargas altas de metales pesados. Es posible alcanzar mejorías en la calidad del compost solamente mediante la recolección selectiva. Así, el ajuste de los sistemas de recolección a este requerimiento jugará un papel clave en los procesos futuros (Barradas, 2009, p. 91).

García *et al.* (2002) señala se debe prestar especial atención frente a las practicas muy aceptadas hoy en día, como es la adición a los suelos de enmiendas orgánicas con lodos o compost; si los materiales son de calidad, dicha enmienda provocará



efectos beneficiosos en el suelo, pero de no ser así, pueden convertirse en una entrada de metales pesados a dicho suelo (p.137).

#### **o. Cadmio**

El cadmio es un elemento del Grupo II-B de la Tabla Periódica, situado entre el zinc (Zn) y el mercurio (Hg), y por lo tanto posee características similares a estos. Su número atómico es 48 y por su configuración electrónica terminal  $4d_{10} 5s_2$ , su ion monoatómico más estable es el  $Cd^{2+}$ . En la naturaleza se encuentra asociada con el zinc, cobre y plomo. Presenta gran afinidad por el azufre, de allí que su compuesto natural más común es el CdS (Herrera, s.f., p. 42).

El cadmio es una sustancia natural en la corteza terrestre. Generalmente se encuentra como mineral combinado con otras sustancias tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio), o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio). Todo tipo de terrenos y rocas, incluso minerales de carbón y abonos minerales, contienen algo de cadmio. El cadmio no se oxida fácilmente y tiene muchos usos incluyendo baterías, pigmentos, revestimientos para metales, y plásticos (Agency for toxic substances and disease registry, 2003).

Gonzales (2010) señala dos tipos de fuentes de cadmio, las antropogénicas y las naturales. Dentro de las fuentes de cadmio antropogénicas se encuentran los lodos residuales y estiércol, fertilizantes fosfatados y nitrogenados, industria de plateado y galvanizado, industria de esmaltado y vitrificado, minería del zinc, cobre, plomo, oro, plata y otros metales, la industria de alimentos fosfatados para animales, el carbón y otros combustibles fósiles (su combustión lo libera al ambiente), humo de tabaco y yacimientos. Este elemento se obtiene también como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, a partir de sulfuro de cadmio; procesos que incluyen

la formación de óxido de cadmio, un compuesto muy tóxico (Ramírez, 2002, p. 52).

Por otro lado, las fuentes naturales constituyen la actividad volcánica, rocas fosfóricas y rocas madre (Gonzales, 2010, p. 33).

De acuerdo con Sánchez, citado por Gonzales (2010), el cadmio y la mayoría de los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías:

- Pueden quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la solución del suelo o bien fijados por procesos de adsorción, complejación y precipitación.
- Pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas.
- Pueden pasar a la atmósfera por volatilización.
- Pueden movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas.

En el suelo, el nivel natural de Cadmio es generalmente menor a 1 miligramo por kilogramo ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ), presente frecuentemente en pequeñas cantidades asociado al Zinc ( $\text{ZnS}$ ), o en minerales como la greenockita o blenda de cadmio ( $\text{CdS}$ ), que es el más importante (Programa de Monitoreo de Suelos en Asentamientos Precarios de Montevideo, 2003, p. 9). El tiempo de permanencia del cadmio en suelos es de hasta 300 años y el 90% permanece sin transformarse (Gonzales, 2010, p. 38).

Entre los principales factores para la presencia de cadmio en los suelos se encuentran el pH, el potencial redox, la temperatura y el contenido en arcillas, materia orgánica y agua (Christensen & Haung citado por Rodríguez *et al.*, 2008, p. 140).

Respecto al pH, “en suelos ácidos, la concentración de  $\text{Cd}^{2+}$  puede ser importante, ya que este ion se adsorbe débilmente en las arcillas y otras partículas materiales, y por encima de un pH de 7 el  $\text{Cd}^{+2}$  precipita como sulfuro, carbonato o fosfato” (Bird

citado por Callirgos, 2014). Por lo tanto, el tratamiento del suelo con cal para aumentar el pH es un modo efectivo de retener el ion cadmio e impedir su adsorción por las plantas (Gonzales, 2010, p. 35).

“Reacciones en las que se originen productos ácidos en el suelo o disminuciones de pH de éste favorecerán la disponibilidad del cadmio, como podría ocurrir con la aplicación de ciertos fertilizantes y enmiendas” (Herrera, s.f., p 43). Por otro lado, la materia orgánica puede tener efectos opuestos sobre la disponibilidad de cadmio. La fracción soluble puede facilitar su movilidad en el suelo y al mineralizarse, dejar al metal en forma más disponible para las plantas. La fracción orgánica más estabilizada, más resistente a la mineralización puede retener los metales pesados en general, y en particular el cadmio, en formas no disponibles para las plantas (McGrath *et al.*, citado por Herrera, s.f., p. 43).

Según Bravo *et al.* (2014), la calidad de la materia orgánica tiene efectos significativos en el proceso de adsorción de cadmio y su movilidad en suelos altoandinos. Una mejor calidad redundaría en una menor movilidad, previniendo la contaminación de aguas subterráneas y la toxicidad por bioacumulación (p. 10).

Una vez incorporado el cadmio en el suelo, éste puede ser adsorbido por los cultivos y llegar hasta quienes se alimentan de ellos (Gonzales, 2010, p. 36). Entre los efectos de la presencia de cadmio en la planta, se resalta que “el cadmio interfiere en la entrada, transporte y utilización de elementos esenciales (Ca, Mg, P, y K) y del agua, provocando desequilibrios nutricionales e hídricos en la planta” (Poschenrieder, Sandalio, Singh & Tewari, citado por Rodríguez *et al.*, 2008). El cadmio también “reduce la absorción de nitratos y el transporte de los mismos de la raíz al tallo, además de inhibir la actividad nitrato reductasa en tallos” (Gouia citado por Rodríguez *et al.*, 2008). Uno de los síntomas más extendidos de la toxicidad por

cadmio es la clorosis producida por una deficiencia en hierro (Benavides citado por Rodríguez *et al.*, 2008).

Ortiz *et al.* (2009) señalan que hay evidencias de que el Pb y Cd han sido la causa de efectos negativos sobre la salud humana, de la mortandad en animales, y la perturbación de los ecosistemas naturales y los agroecosistemas (p. 162). En los seres humanos, la medida de concentración de cadmio en sangre y orina es la forma más importante de seguimiento biológico. El cadmio se distribuye en la sangre tanto en plasma como en eritrocitos (Nordberg *et al.*, citado por Repetto, 1995).

El valor en orina se emplea como indicador de la exposición crónica y refleja la carga corporal existente cuando el individuo está expuesto a bajas concentraciones de cadmio y no existe daño renal. Los valores límites umbrales para cadmio en sangre y orina se basan en la correlación entre niveles biológicos que originan disfunción renal. El valor límite umbral de cadmio en muchos países es de  $10 \mu\text{g L}^{-1}$  en sangre y de  $10 \mu\text{g g}^{-1}$  creatinina en orina (Organización Mundial de la Salud citado por Repetto, 1995).

Por último, se estima que la vida media de eliminación de cadmio en el hombre está entre 10 y 30 años. La concentración de cadmio en el organismo varía con el tipo de tejido y edad del individuo; entre el 50 y el 85% se acumula en el hígado y el riñón; en este último puede acumularse del 30 a 60% de la carga corporal (Repetto, 1995).

#### **p. Plomo**

“El Plomo (Pb) es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 a  $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) que no tiene olor ni sabor especial, de color grisáceo, con aspecto brillante cuando se corta” (Cámara Minera de México, International Lead

Management Center, Industrias Peñoles, S.A. de C.V., Centro de Calidad Ambiental del Tecnológico de Monterrey, 2006).

Debido a que el plomo es un metal muy dúctil, maleable y resistente a la corrosión, y pobre conductor de la electricidad, estas características hacen de él, un elemento de amplia aplicación en metalurgia y electricidad. Este metal se encuentra en el grupo IV A de la Tabla Periódica junto con el carbono, silicio, germanio y estaño. Sus estados de oxidación son 0, +2, +4. Su número de valencia generalmente es dos, pero también reacciona con valencia 4, sobre todo en compuestos orgánicos (Badillo, s.f., p. 168).

La distribución del plomo en las fases sólidas del suelo depende básicamente del pH y de la CIC. La materia orgánica llega a ser la fase sólida de más influencia en el proceso de adsorción de este elemento (Howard & Sova citado por Reyes & Barreto, 2011, p. 37). Por ejemplo, el plomo presenta una gran tendencia a ser retenido por los componentes habituales del suelo como arcillas, sulfatos, carbonatos, hidróxidos, óxidos y materia orgánica del suelo (Programa de Monitoreo de Suelos en Asentamientos Precarios de Montevideo, 2003, p. 8).

El plomo (Pb) se encuentra naturalmente en tres estados de oxidación, metal,  $Pb^{2+}$  y  $Pb^{4+}$ . El  $Pb^{4+}$  sólo puede existir bajo condiciones extremas de pH y potencial de óxido-reducción. Sin embargo, los compuestos de  $Pb^{4+}$  son producidos artificialmente y son descargados al medio ambiente. Uno de tales compuestos, plomo tetraetílico, es ampliamente utilizado como un agente antidetonante en la gasolina. Las emisiones de plomo desde la gasolina y los desechos de la combustión del aceite son las principales fuentes antropogénicas de plomo (Sancha, 2005).

Las concentraciones de plomo en el medio ambiente se han elevado conforme ha aumentado su uso. Este aumento ha sido notorio sobre todo a partir de 1750, y es

paralelo al desarrollo de la revolución industrial. A finales de la segunda guerra mundial, la contaminación ambiental por plomo se elevó aún más, entre otras causas, por la introducción de compuestos orgánicos de plomo como aditivos para la gasolina (Badillo, s.f., p.165).

Aunque el plomo no es un elemento esencial para el crecimiento de la planta, está omnipresente en los sistemas suelo-agua de las plantas. En general, el plomo se mantiene fuertemente en los suelos ya sea por adsorción o formando complejos con componentes inorgánicos y orgánicos (Cornejo, 2005). Reyes & Avendaño (2011) indican que el “porcentaje de plomo que puede estar fácilmente biodisponible para las plantas es de 27,2% del total de plomo presente en el suelo”. Además, “Las plantas que crecen en suelos contaminados por este elemento (Pb) tienden a concentrarlo sobre todo en su sistema radicular (...)” (Badillo, s.f., p. 174). Antosiewicz (citado por García, 2006) señala que “El contenido de plomo en varios órganos de la planta tiende a decrecer en el siguiente orden: raíces > hojas > tallos > inflorescencia > semillas. Sin embargo, el orden puede presentar variaciones intraespecíficas”.

“Los síntomas específicos de toxicidad por Pb en las plantas son la inhibición del crecimiento de la raíz, retraso en el crecimiento de la planta y clorosis” (Burton citado por Alvarado, Dasgupta, Sanchez, Ambriz, & Villegas, 2011). Por otra parte, también se presentan efectos en los procesos fisiológicos de la planta entre los que se encuentra: inhibición de la actividad enzimática, alteración de la nutrición mineral, desequilibrio hídrico, cambios en el estado hormonal y alteración en la permeabilidad de la membrana celular (Alvarado *et al.*, 2011).

Por otra parte, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2018), el Instituto de Sanimetría y Evaluación Sanitaria ha estimado que, según datos de 2015,

“la exposición al plomo fue responsable del 12,4% de la carga mundial de discapacidad del desarrollo intelectual idiopático, del 2,5% de la carga mundial de cardiopatía isquémica, y del 2,4% de la carga mundial de accidentes cerebrovasculares”.

### **2.4.3. Características biológicas del vermicompost**

#### **a. *Escherichia coli***

Es una bacteria que se encuentra normalmente en el tracto gastrointestinal de los seres humanos y animales de sangre caliente. Debido a su elevada presencia en el tracto gastrointestinal y en las heces, *E. coli* se utiliza como el indicador principal de contaminación fecal en la evaluación de la inocuidad de los alimentos y el agua. Debido a esto, es importante contar con prácticas adecuadas de almacenamiento y manipulación del estiércol en las fincas, que reduzcan al mínimo los escurrimientos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2015).

La mayoría de las cepas de *E. coli* son inofensivas. Sin embargo, algunas de ellas, como *E. coli* productora de toxina Shiga, pueden causar graves enfermedades a través de los alimentos; dentro de los síntomas destacan los calambres abdominales y la diarrea, que puede progresar en algunos casos a diarrea sanguinolenta (colitis hemorrágica) (OMS, 2018). También puede presentarse fiebre y vómitos, y si no se controla la infección puede conducir a una enfermedad potencialmente mortal, como el síndrome hemolítico urémico (SHU).

El SHU se caracteriza por una insuficiencia renal aguda, anemia hemolítica y trombocitopenia (deficiencia de plaquetas). La bacteria se transmite al hombre principalmente por el consumo de alimentos contaminados, como productos de carne picada cruda o poco cocida, leche cruda, y hortalizas y semillas germinadas crudas contaminadas. La mayor parte de la información disponible sobre *E. coli* guarda relación con el serotipo O157: H7, pues es el más fácil de distinguir bioquímicamente de otras cepas de *E. coli* (OMS, 2018).

Bernal (citado por Román *et al.*, 2013) señala que “la presencia de los patógenos en el compost viene en gran medida por el uso de estiércoles, seguido del uso de aguas contaminadas y de las personas que manipulan el compost (...)” (p. 33). Asimismo, el mismo autor señala que durante la etapa termófila del compostaje, en el cual las temperaturas superan los 45°C, las bacterias presentes de origen fecal como *Escherichia coli* se destruyen a causa de las altas temperaturas. Debido a esto, las prácticas de cultivo son un factor esencial para reducir algunos de los factores asociados con las poblaciones de *E. coli* y podrían reducir los riesgos de epidemias en los seres humanos. Por ejemplo, es posible reducir la supervivencia y la multiplicación de esta bacteria en los cultivos mediante la adopción de buenas prácticas agrícolas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2015).

#### **b. *Salmonella spp***

*Salmonella* pertenece a un grupo de bacterias que están presentes en el intestino de personas y animales sanos, siendo las heces la principal fuente de contaminación de los alimentos y agua. Cuando llega a los alimentos frescos, esta bacteria tiene la habilidad de multiplicarse muy rápidamente, y cuando una persona ingiere dicho



alimento contaminando, el gran número de bacterias provoca “salmonelosis”, infección gastrointestinal provocada por dicha bacteria (Elika, 2003).

Elika (d2013) señala que *Salmonella* sp. es un microorganismo patógeno tanto para los humanos como para los animales, importante desde el punto de vista de salud pública, debido a que es el agente causal de varias enfermedades infecciosas como: fiebres entéricas y gastroenteritis. La presencia de este patógeno en el compost constituye un riesgo para la salud, debido a que esta bacteria sobrevive y se replica cuando está en contacto con el suelo, contaminando así los cultivos que entran en contacto directo con él.

Los casos de brotes de *Salmonella* en frutas y vegetales crudos se deben probablemente a la contaminación del alimento en el campo, por el uso de abonos orgánicos o durante la etapa de riego. La temperatura juega un papel fundamental en el desarrollo de este patógeno y en su virulencia. La temperatura incorrecta en el almacenamiento de los alimentos, así como las condiciones favorables para el crecimiento en la superficie de frutas y verduras, han sido probablemente los factores que han contribuido con el desarrollo de brotes de salmonelosis (Harris *et al.* citado por Bautista, 2009, p. 9).

### **c. Huevos de Helmintos**

Los helmintos son gusanos parásitos y viven dentro o fuera de sus hospederos. Una regla de oro en estos parásitos es que a mayor cantidad son patógenos. Los helmintos se clasifican en dos clases: los gusanos redondos, como las lombrices intestinales (*Ascaris lumbricoides*), y planos, como las tenias (*Taenia solium*) y las duelas (*Fasciola hepatica*). Sus ciclos de vida son directos en algunos casos, como la lombriz

intestinal que se adquiere por ingestión de huevos en la tierra, o por penetración activa de la larva por la piel, como el caso de *Ancylostoma duodenale* (Guillen *et al.*, 2011).

Aunque los parásitos de helminto no son estudiados generalmente por los microbiólogos, su presencia en aguas residuales es de gran preocupación con respecto a la salud humana. El huevo constituye la etapa contagiosa de los parásitos de Helminto, los cuales son excretados en las heces y se extienden a las aguas residuales, en el suelo o en los alimentos. El huevo es muy resistente a la tensión (Anónimo, 2008).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2019), en todo el mundo, aproximadamente 1500 millones de personas—casi el 24% de la población mundial—está infectada por helmintos transmitidos por el suelo. Las helmintiasis (enfermedad producida por gusanos parásitos) transmitidas por el suelo están ampliamente distribuidas por las zonas tropicales y subtropicales, especialmente en África subsahariana, América, China y Asia oriental.

Los helmintos transmitidos por el suelo ponen en peligro el estado nutricional de las personas infectadas por diversos mecanismos, entre ellos:

- Los gusanos que se alimentan de tejidos del huésped, en particular de sangre, lo que determina una pérdida de hierro y proteínas.
- Los anquilostomas causan pérdidas crónicas de sangre intestinal, lo cual puede dar lugar a la anemia.
- Los gusanos hacen que se absorban mal los nutrientes. Además, *ascáride* posiblemente compite por la vitamina A en el intestino.
- Algunos helmintos transmitidos por el suelo también pueden causar pérdida de apetito y, por consiguiente, un deterioro del aporte nutricional

y de la condición física. En particular, *T. trichiura* puede causar diarrea y disentería.

La población más propensa a casos de infección por helmintos es aquellos donde se presenta escasa economía y hábitos higiénicos deficientes como lo sucedido en el departamento de Bolívar, en el país de Colombia, donde se observó que el 92 % de las personas estaban parasitadas: 5 % con *A. lumbricoides*, 53 % con *Trichuris trichiura*, 6 % con *Ancylostoma* spp., 4 % con *Hymenolepis nana*, 3 % con *Strongyloides stercoralis*, 0,9 % con *Taenia* spp. y 0,6 % con *Enterobius vermicularis* (Agudelo *et al.* citado por Campos *et al.* 2018). “Estos casos podrían estar relacionados, no solo con el nivel de vida de la población, sino con el contacto o consumo de aguas o alimentos contaminados” (Campos *et al.*, 2018).

Debido a estos efectos, el estudio de huevos de helmintos a nivel ambiental ha hecho necesaria la selección de un parásito indicador. *Ascaris lumbricoides* se ha sugerido como un buen indicador de la presencia de huevos de helmintos. Sus ventajas son: persiste en el medio ambiente por muchos meses, pero no se multiplica; se puede identificar fácilmente; y el índice de parasitismo a nivel mundial es muy alto (Gonzales, 2011).

## 2.5. Estándares de Calidad para Vermicompost

Tabla 1

Parámetros máximos según las normas de México, Unión Europea y Chile

Parámetros	México		Unión Europea		Chile	
	NMX-FF-109-SCFI-2008 Vermicompost	NTEA-006-SMA-RS-2006 Mejoradores de suelos	Decisión (UE) 2015/2099 Enmiendas	Real Decreto 506/2013 Enmiendas	NCh2880/2003 Compost Clase A    Clase B	
<b>Parámetros Físicos</b>						
Impurezas (%)	≤10 (M.O) - ≤1.5(I.I)	≤ 0.55 (I.I.)	≤ 0.05 (I.I)	-	≤5.55 (I.I)	≤ 5.55 (I.I)
Materia seca (%)	-	-	> 25	-	-	-
Humedad (%)	20 – 40	-	-	< 40	40-50	40-50
<b>Parámetros Químicos</b>						
Nitrógeno Total (%) en base seca	1-4%	-	-	1-4%	≥ 0.8	≥ 0.8
Materia Orgánica (%) en base seca	20 -50	> 15	-	30	≥ 45	≥ 25
Relación C/N	≤ 20	< 12	-	< 20	10-25	10-40
Ph	5.5 - 8.5	6.5 - 8	4.0 - 7.0	-	5.0-7.5	5.0-7.5
CE (dS/m)	≤ 4	-	-	≤ 4	≤ 5	5-12
CIC (meq/100g)	> 40	-	-	-	-	-
Carbono Orgánico Total (%)	-	-	-	-	-	-
Ácidos Húmicos (%)	-	-	-	-	-	-
Ácidos Fúlvicos (%)	-	-	-	-	-	-
Potasio (%)	-	> 0.25	-	> 1	-	-
Calcio (%)	-	-	-	> 2	-	-
Fósforo (%)	-	> 0.1	-	> 1	-	-
Magnesio (%)	-	-	-	> 2	-	-
Sodio (%)	-	-	-	> 3	< 1	<1
<b>Metales Pesados</b>						
Cadmio ppm en base seca	-	≤ 1	≤ 1	-	≤ 1	≤ 1
Plomo ppm en base seca	-	-	100	-	50*	50*
<b>Parámetros Biológicos</b>						
<i>Escherichia coli</i> (NMP/g) en base seca	≤ 1000	< 1000	<1000	-	< 1000	< 1000
<i>Salmonella sp.</i> (NMP/g) en base seca	<3	<3	Ausencia	-	Ausencia	Ausencia
Huevos de Helmintos (N°/4g) en base seca	≤ 1	<10	-	-	Ausencia	Ausencia

M.O = materia orgánica no digerida por las lombrices, I.I = impurezas inorgánicas, \* = valor límite de plomo para compost orgánico.

## 2.6. Definición de Términos

**Abonos orgánicos:** son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal, del cual las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes. Con la descomposición de estos abonos, el suelo se va enriqueciendo con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas.

**Compost:** un abono orgánico que se obtiene de compuestos que forman o formaron parte de seres vivos en un conjunto de productos de origen animal y vegetal.

**Compost clase A:** producto de alta calidad que cumple con las exigencias de todos los parámetros de la Norma chilena. El producto no presenta ninguna restricción de uso debido a que ha sido sometido a un proceso de humificación pudiendo ser aplicado a macetas directamente sin mezclarse.

**Compost clase B:** producto de calidad que cumple con las exigencias para compost clase B de acuerdo con la Norma chilena. El producto presenta algunas restricciones de uso. Para ser aplicado a macetas, requiere ser mezclado con otros elementos adecuados.

**Compost inmaduro:** materia orgánica que ha pasado por las etapas mesofílicas y termofílicas del proceso de compostaje donde ha sufrido una descomposición inicial pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración requeridas para obtener un compost clase A o B. Es un producto que se debe mezclar para ser aplicado.

**Cubiertas del suelo:** tipo de enmienda del suelo utilizado como capa protectora que se coloca alrededor de las plantas sobre la tierra vegetal cuyas funciones específicas

son evitar la pérdida de humedad, luchar contra la aparición de malas hierbas y reducir la erosión del suelo.

**Estiércol:** nombre con el que se denomina a los excrementos de animales que se utilizan para fertilizar los cultivos.

**Enmiendas orgánicas:** sustancias orgánicas que se aplican a los suelos con el principal objetivo de mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

**Fertilizante:** cualquier tipo de sustancia orgánica o inorgánica que contiene nutrientes en formas asimilables por las plantas.

**Lombricultura:** constituye una herramienta biotecnológica limpia, que permite reconvertir desechos de la naturaleza orgánica biodegradable (estiércol, remanentes de cosecha, restos derivados de la preparación de alimentos, entre otros) en un fertilizante con excelentes propiedades: humus o vermi-lombri-compuesto.

**Macroelementos:** elementos minerales cuantitativamente más importantes en nuestro organismo y cuyas necesidades diarias son elevadas. Comprenden este grupo: azufre, calcio, fósforo, magnesio y los electrolitos: sodio, potasio y cloro.

**Materia orgánica:** involucra micro y meso-organismos que habitan el suelo, raíces de las plantas, todo material proveniente de organismos muertos y sus productos de transformación, descomposición y resíntesis sobre y en suelo.

**Metales pesados:** aquellos metales cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios.

**Mejoradores de suelos:** compuestos de origen orgánico que por sus características pueden utilizarse como acondicionadores de suelos y fertilizantes para mejorar la calidad productiva del suelo.

**pH:** una medida de la acidez o basicidad de una solución. El pH es la concentración de iones o cationes hidrógeno [H<sup>+</sup>] presentes en determinada sustancia. La sigla significa "potencial de hidrógeno"

**Sustrato de cultivo:** material utilizado como sustrato para el desarrollo de la raíz, en el que se cultiva las plantas.

**Toxicidad:** capacidad de alguna sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, al entrar en contacto con él.

### **III. Materiales y Métodos**

#### **3.1. Materiales y Equipos**

**3.1.1. Insumos.** El insumo utilizado fue muestras de vermicompost.

**3.1.2. Materiales.** Se utilizaron dos pares de guantes quirúrgicos talla S, bolsas de papel kraft 30 x 14 x 14 cm, bolsas de autosellado 14.5 x 16.5 cm, una bandeja de 30 litros y una caja de Tecnopor.

**3.1.3. Equipos.** Se utilizaron una balanza mecánica, laptop, cámara y un sistema de posicionamiento global (GPS).

#### **3.2. Tipo y Diseño de Investigación**

Por las características del presente trabajo de investigación se utilizó estadísticas descriptivas, por lo cual no se requirió de un diseño experimental.

#### **3.3. Plan de Recolección de la Información**

**3.3.1. Área de Estudio.** La investigación corresponde al valle del Santa, provincia del Santa, departamento de Ancash.

**3.3.2. Población.** La población estuvo constituida por el vermicompost que se elabora y utiliza como enmienda orgánica en el valle del Santa.

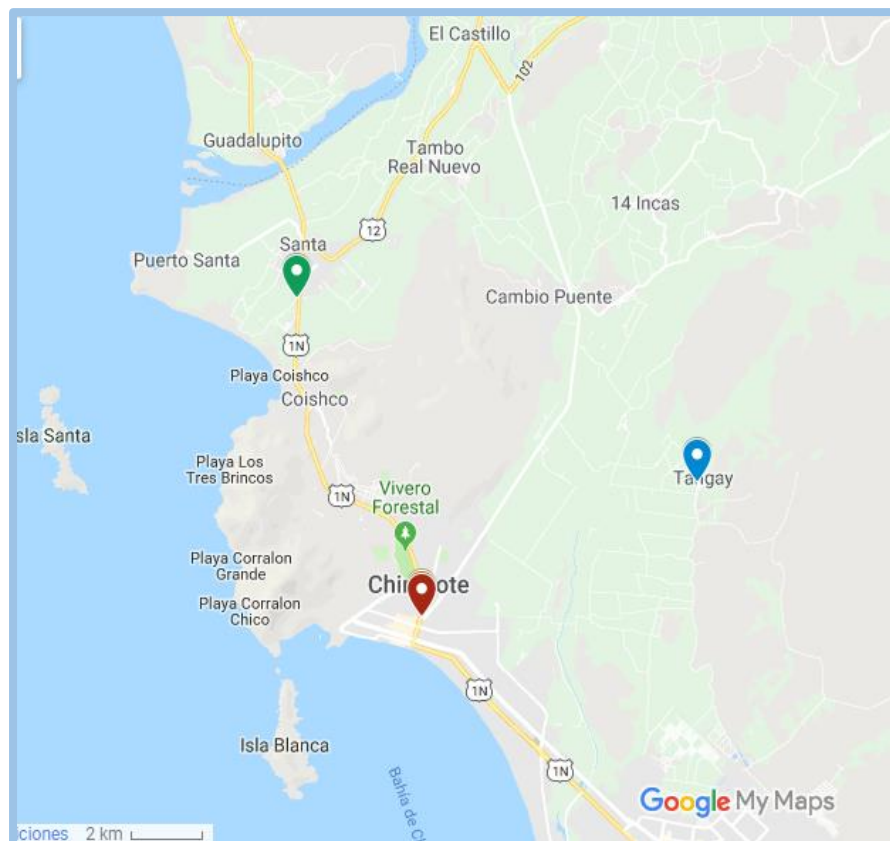


**3.3.3. Muestra.** Las muestras fueron obtenidas de dos lugares de producción de vermicompost y de dos agrícolas, provenientes del valle del Santa, provincia del Santa, departamento de Ancash.

### 3.4. Instrumentos de Recolección de la Información

**3.4.1. Identificación de los lugares de producción.** Se identificó a los productores, personas naturales y jurídicas dedicadas a la producción de vermicompost en el valle del Santa. Para esto se georreferenció la ubicación de estos y se elaboró un mapa de ubicación.

A continuación, el mapa de ubicación:



**Figura 1.** Mapa de ubicación de los principales productores de humus en el valle del Santa. Tangay Medio (azul) latitud -9.04015, longitud -78.52176; Santa (verde) latitud -8.99725, longitud -78.61848; Agrícola “Frutícola Paredes” (rojo) latitud -9.07117, longitud -78.58819; Agrícola “El Agricultor” (naranja) latitud -9.07058, longitud -78.58831.

**3.4.2. Determinación del proceso de elaboración.** Se elaboró una encuesta para identificar cuál es el proceso que realizan los productores de vermicompost en el valle del Santa, el tipo de materiales que utilizan, el tiempo de elaboración, si utilizan método de compostaje y que residuos orgánicos utilizan (ANEXO 1 y 2).

**3.4.3. Toma y envío de la muestra.** Se recolectaron cuatro muestras de vermicompost: dos muestras de las zonas productoras y dos muestras del vermicompost que se comercializa en el centro de Chimbote. Las muestras de las zonas productoras de vermicompost fueron recolectadas de los fundos del Sr. Miguel Guarniz, ubicado en el distrito de Santa, y del Sr. Orlando Correa, ubicado en el centro poblado de Tangay Medio, distrito de Nuevo Chimbote; las muestras de vermicompost comercializados en Chimbote fueron de las agrícolas “El agricultor” y “Frutícola Paredes”.

Para la toma de muestras de las zonas productoras de humus de lombriz, se colectaron tres submuestras de 700 g cada una recolectados al azar. Posteriormente se mezclaron homogéneamente todas las submuestras dentro de una bandeja de 30 l, del cual se extrajo una muestra de 1 kg.

Para el transporte y conservación de las muestras, se depositaron en bolsas de autosellado protegidas en bolsas de papel kraft, las cuales fueron dispuestas en una caja de tecnopor hasta el momento de su análisis, para luego ser llevadas al laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina para los análisis físicos y químicos. Asimismo; las muestras fueron enviadas al laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología-Marino Tabusso, para los análisis biológicos (Método propuesto por Kalil, 2007, p. 33).

**3.4.4. Etiquetado.** Las muestras recolectadas se identificaron mediante una etiqueta donde se consignaron el lugar de procedencia (departamento, provincia y distrito), fecha de empaque y el código de muestra.

Las muestras fueron manejadas mediante códigos preestablecidos por los investigadores (Tabla 2).

Tabla 2

Información de las muestras recolectadas, código establecido para cada muestra

Código de la muestra	Lugar de origen de la muestra	Nombre del productor o empresa
SA1	Santa	Sr. José Miguel Guarniz
TM2	Tangay Medio	Sr. Orlando Correa
AG3	Chimbote	Agrícola - "El Agricultor"
FP4	Chimbote	Agrícola-"Frutícola Paredes"

### **3.5. Plan de Procesamiento**

**3.5.1. Análisis de variables de estudio.** Las variables de estudio estuvieron constituidas por las características físicas, químicas y biológicas del vermicompost. El método se realizó de acuerdo con el protocolo del laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina y el laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología - Marino Tabusso.

#### **a. Análisis físico**

Cada muestra de 1 kg obtenidas de cada sector fue destinada para el análisis de parámetros físicos que se realizaron por el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se determinó: porcentaje de impureza, materia seca y humedad.

#### **b. Análisis químico**

Cada muestra de 1 kg obtenida de cada sector fue destinada para el análisis de parámetros químicos realizados en laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se determinó: porcentaje de nitrógeno total y materia orgánica, relación carbono/nitrógeno (C/N), pH, conductividad eléctrica (CE)  $\text{dS m}^{-1}$ , capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)  $\text{cmol kg}^{-1}$ , carbono orgánico total, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, porcentaje de potasio (K), calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg) y sodio (Na).

Asimismo, se analizaron los siguientes metales pesados: cadmio  $\text{mg kg}^{-1}$  en base seca y plomo  $\text{mg kg}^{-1}$  en base seca.

### **c. Análisis biológico**

Cada muestra de 1 kg obtenidos de cada sector fue analizada por el laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología - Marino Tabusso, con el fin de determinar los siguientes parámetros microbiológicos:

- *Salmonella sp.* NMP (número más probable) por gramos en base seca
- *Escherichia coli* NMP (número más probable) por gramos en base seca
- Huevos de Helmintos NMP (número más probable) por gramos en base seca.

**3.5.2. Técnicas e instrumentos para el procesamiento de datos.** La evaluación de los datos de los diferentes parámetros y variables de estudio fueron sistematizados con el uso de histogramas y procesados en el programa Excel. Los datos obtenidos de cada uno de los parámetros se compararon con los diferentes estándares internacionales de calidad de México, La Unión Europea y Chile.

## IV. Resultados y Discusión

### 4.1. Análisis Físicos

Las 4 muestras de vermicompost recolectadas fueron enviadas al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina destinados para el análisis de parámetros físicos (ANEXO 3).

Los resultados fueron comparados con los estándares de calidad de México, Unión Europea y Chile.

Los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Resultados de los análisis físicos comparados con los estándares internacionales de calidad

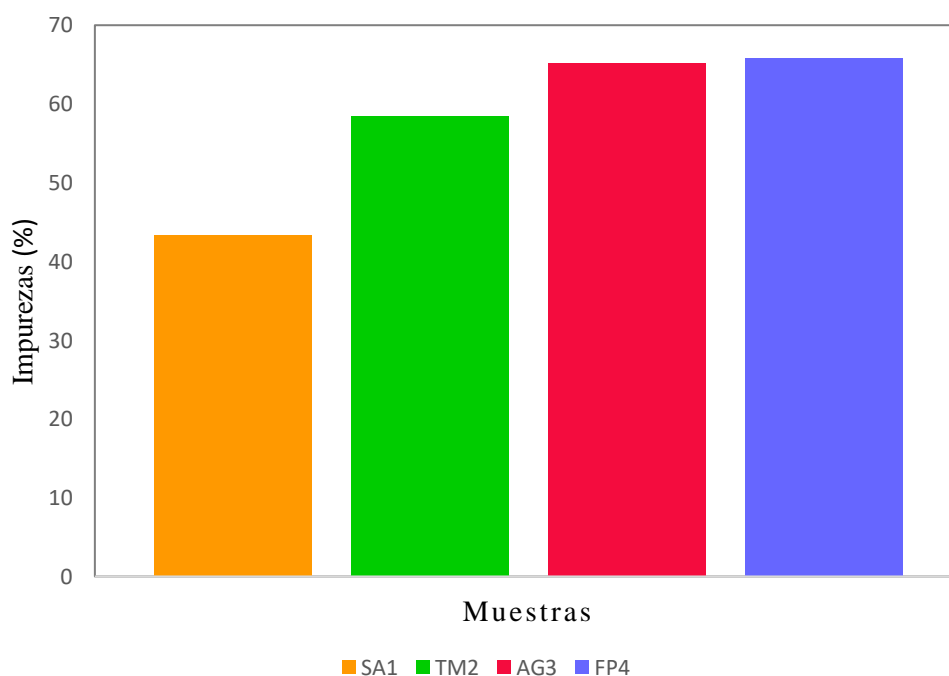
Parámetros Físicos	Resultados de las Muestras				Estándares de Calidad					
					México		Unión Europea		Chile	
	SA1	TM2	AG3	FP4	NMX-FF-109-SCFI-2008 Vermicompost	NTEA-006-SMA-RS-2006 Mejoradores de suelos	Decisión (UE) 2015/2099 Enmiendas	Real Decreto 506/2013 Enmiendas	NCh2880/2003 Compost	
									Clase A	Clase B
Impurezas (%)	43.37	58.5	65.24	65.86	≤10 (M.O) - ≤1.5(I.I)	≤ 0.55 (I.I.)	≤ 0.05 (I.I)	—	≤5.55 (I.I)	≤ 5.55 (I.I)
Materia seca (%)	40.15	41.2	46.23	57.08	—	—	> 25	—	—	—
Humedad (%)	59.85	58.8	53.77	42.92	20 – 40	—	—	< 40	40-50	40-50

M.O = materia orgánica no digerida por las lombrices, I.I = impurezas inorgánicas

**4.1.1. Parámetros físicos.** Los resultados de los análisis físicos se procesaron a través del uso de histogramas.

### a. Impurezas

De acuerdo a la Tabla 3, se muestran los resultados del % de impurezas, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) presentó el mayor % de impurezas con un 65.86%, seguido de la muestra proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3), en el cual se encontró un 65.24%; asimismo, en la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) se encontró 58.47%, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Santa (SA1) en el cual se encontró 43.37%, siendo este último el menor % de impurezas encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 2).



**Figura 2.** Representación esquemática de los resultados del análisis de impurezas encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

Se encontraron diferencias en el contenido de impurezas entre los diferentes vermicompost estudiados, cabe indicar que la pureza es un parámetro de calidad física del vermicompost establecido por muchos países. Comparando los resultados de porcentaje de impurezas con la Norma Mexicana (Tabla 3), el cual nos indica que la pureza en vermicompost debe contener no más de 10% de material orgánico no digerido por las lombrices y contener no más de 1.5% de impurezas inorgánicas extrañas no contaminantes, los resultados encontrados en los análisis realizados determinaron que las 4 muestras estudiadas superaron los parámetros límites en impurezas. Normas como Decisión 2015/2099 de la Unión Europea, también señala la importancia de un bajo porcentaje de impurezas, indicando que, para enmiendas de suelo, sustrato de cultivo y cubiertas del suelo, los contaminantes físicos deberán ser menor a 0.5% en vidrio, metal y plástico rígido, valores inferiores a lo encontrado en este estudio. La Norma Chilena NCh2880 también establece que todo tipo de compost debe contener valores menores o iguales a 0.05% de plástico, 5% en piedras mayor a 5 mm, 0.5% en vidrio mayor o igual a 2 mm.

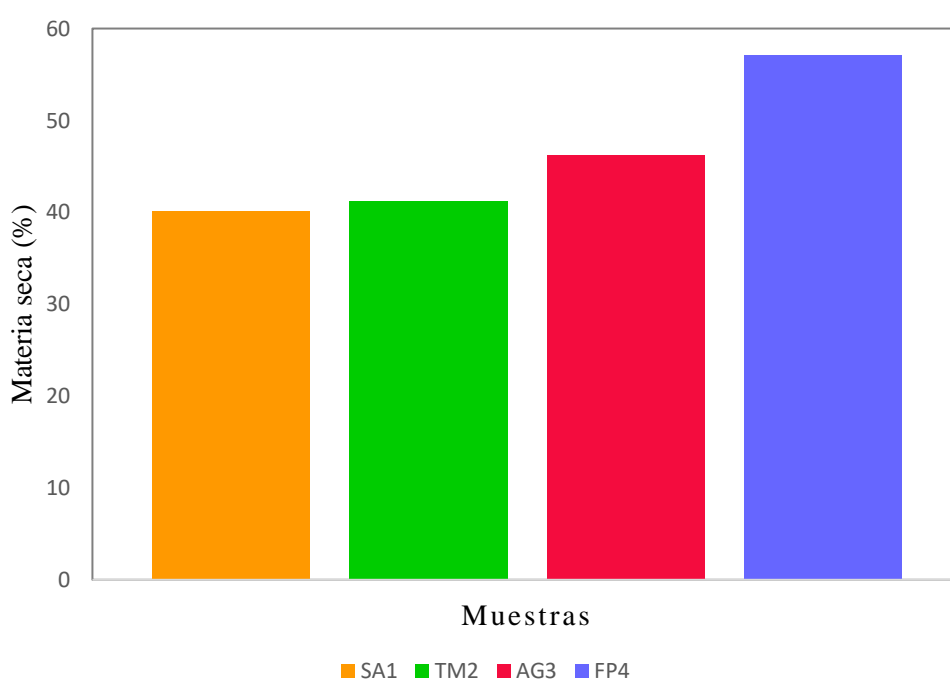
El alto porcentaje de impurezas encontrado en las muestras analizadas en este estudio se puede deber a un deficiente procesamiento en la clasificación de los residuos a utilizar e incluso a un deficiente tamizado post cosecha, lo que podría reducir la calidad física del vermicompost, por lo cual se hace imprescindible el zarandeo para evitar la presencia de materiales orgánicos e inorgánicos no deseados.

#### **b. Materia seca**

Según la Tabla 3, se muestran los resultados del % de materia seca, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes”



(FP4) presentó el mayor % de materia seca con un 57.08%, seguido de la muestra proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3), en el cual se encontró 46.23%; asimismo, en la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) se encontró 41.19%, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Santa (SA1) en el cual se encontró 40.15%, siendo este último el menor % de materia seca encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 3).



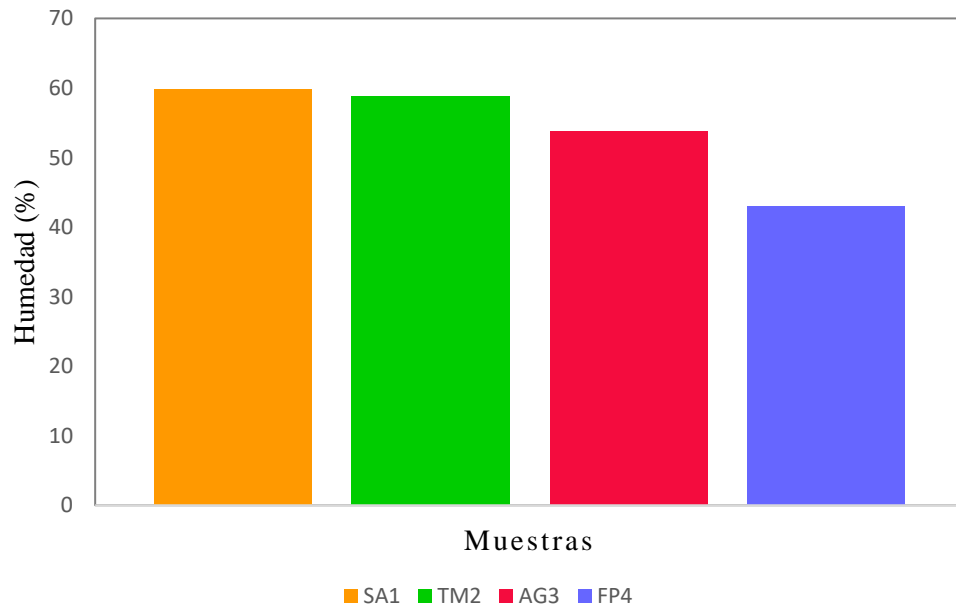
**Figura 3.** Representación esquemática de los resultados del análisis de materia seca encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

Respecto al contenido de materia seca, los valores de las cuatro muestras analizadas superaron el parámetro mínimo establecido por Decisión (UE) 2015/2099 de la Unión Europea (Tabla 3), encontrándose desde 40.15% hasta 57.08% de materia seca (Figura 3). Decisión (UE) 2015/2099, norma que establece los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica de la Unión Europea a sustratos de cultivo, enmiendas del suelo y cubiertas del suelo, revela que solo para

enmiendas y cubiertas de suelo el contenido de materia seca del producto final debería ser al menos el 25%. Por lo tanto, los resultados respecto a estos parámetros son óptimos, demostrando el alto contenido de material orgánico utilizado en la elaboración del vermicompost en las zonas productoras de Santa (SA1) y Tangay Medio (TM2), así como de las muestras obtenidas en las agrícolas “El Agricultor” (AG3) y “Frutícola Paredes” (FP4).

### **c. Humedad**

Según la Tabla 3, se muestran los resultados del % de humedad, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa (SA1) presentó el mayor % de humedad con un 59.85%, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) con un 58.81% de humedad; asimismo, en la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) se encontró un 53.77%, seguido de la muestra proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) con 42.92% de humedad, siendo este último el menor % de humedad encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 4).



**Figura 4.** Representación esquemática de los resultados del análisis de humedad encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

Por lo cual se resalta las diferencias encontradas respecto al contenido de humedad, el cual representa una de las principales características físicas del vermicompost. En el presente estudio los resultados del porcentaje de humedad superaron los parámetros máximos señalados por las Normas de México, La Unión Europea y Chile (Tabla 3). La Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 señala que la humedad debe encontrarse entre 20 y 40%; el Real Decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes y la Norma Chilena establecen entre 40% y 50% de humedad en vermicompost; asimismo, Meléndez y Soto (2004) consideran que los abonos orgánicos con un 40% presentan un buen balance.

Debido a que los resultados encontrados en las muestras de vermicompost presentaron valores altos de humedad entre 42.92% y 59.85%, estos resultados se deberían a un deficiente secado durante el manejo postcosecha del vermicompost el cual afecta su calidad, ya que cuando la enmienda contiene una humedad superior a lo establecido se pueden presentar problemas al momento de su aplicación en campo

(Díaz, 2002; Hirzel y Salazar, 2016). Por lo cual se recomienda un correcto secado del vermicompost para evitar problemas durante la aplicación de la enmienda.

#### **4.2. Análisis Químicos**

Las 4 muestras de vermicompost recolectadas fueron enviadas al laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina destinados para los análisis de los parámetros químicos (ANEXO 3). Los resultados fueron comparados con los estándares de calidad de México, Unión Europea y Chile.

Los resultados se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4

Resultados de los análisis químicos comparados con los estándares internacionales de calidad

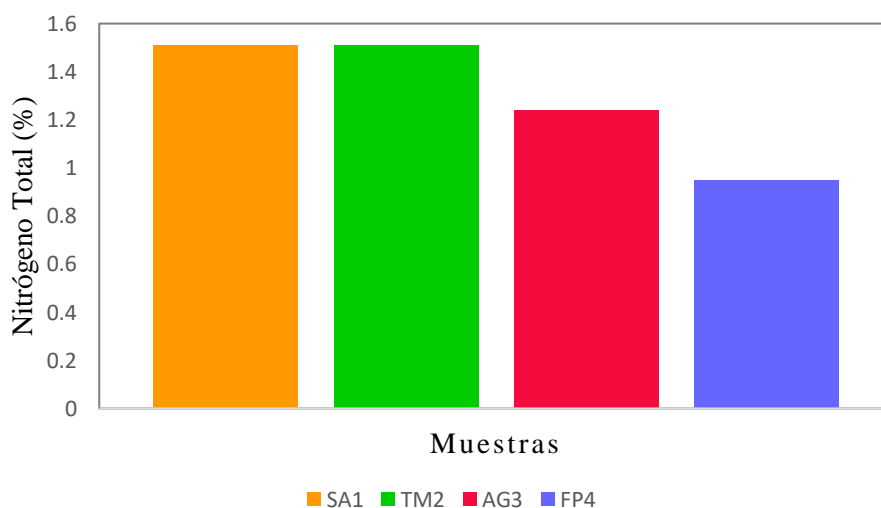
Parámetros Químicos	Resultados de las Muestras				Estándares de Calidad					
					México		Unión Europea		Chile	
	SA1	TM2	AG3	FP4	NMX-FF-109-SCFI-2008 Vermicompost	NTEA-006-SMA-RS-2006 Mejoradores de suelos	Decisión (UE) 2015/2099 Enmiendas	Real Decreto 506/2013 Enmiendas	NCh2880/2003 Compost	
									Clase A	Clase B
Nitrógeno Total (%) en base seca	1.51	1.51	1.24	0.95	1-4%	-	-	1-4%	≥ 0.8	≥ 0.8
Materia Orgánica (%) en base seca	47.72	33.66	26.14	22.68	20 -50	> 15	-	30	≥ 45	≥ 25
Relación C/N	17.81	12.55	11.73	13.09	≤ 20	< 12	-	< 20	10 - 25	10 - 40
pH	8.18	6.97	7.09	8.39	5.5 - 8.5	6.5 - 8	4.0 - 7.0	-	5.0-7.5	5.0-7.5
CE (dS/m)	2.21	1.77	7.33	16.4	≤ 4	-	-	≤ 4	≤ 5	5 - 12
CIC (meq/100g)	41.12	41.6	32.32	29.6	> 40	-	-	-	-	-
Carbono Orgánico* Total (%)	25.66	14.56	12.67	11.01	-	-	-	-	-	-
Ácidos Húmicos (%)	8.53	5.45	5.57	3.15	-	-	-	-	-	-
Ácidos Fúlvicos (%)	2.29	1.95	1.72	1.49	-	-	-	-	-	-
Potasio (%)	0.66	0.42	0.84	2.24	-	> 0.25	-	> 1	-	-
Calcio (%)	3.4	4.27	2.76	5.29	-	-	-	> 2	-	-
Fósforo (%)	0.14	0.13	0.15	0.12	-	> 0.1	-	> 1	-	-
Magnesio (%)	1.04	0.96	0.98	1.1	-	-	-	> 2	-	-
Sodio (%)	0.16	0.06	0.13	0.6	-	-	-	> 3	< 1	< 1
Cadmio ppm en base seca	2.75	1.8	2.3	2.68	-	≤ 1	≤ 1	-	≤ 1	≤ 1
Plomo ppm en base seca	55.08	26.8	20.83	17.3	-	-	100	-	50**	50**

\*carbono orgánico en Shimadzu, \*\* = valor límite de plomo para compost orgánico.

**4.2.1. Parámetros químicos.** Los resultados de los análisis químicos se procesaron a través del uso de histogramas.

### a. Nitrógeno total

Según la Tabla 4, se muestran los resultados del % de nitrógeno total, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa (SA1), así como la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) presentaron el mayor % de nitrógeno total cuyo valor para ambas muestras fue de 1.5%, seguido de la muestra proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) con 1.24% de nitrógeno total, y finalmente la muestra proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) con un 0.95%, siendo este último el menor % de nitrógeno total encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 5).



**Figura 5.** Representación esquemática de los resultados del análisis de nitrógeno total encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

Acorde a ello, se encontraron diferencias en el contenido de nitrógeno total en las muestras de los vermicompost estudiados, es necesario saber que el nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de la planta y necesario para obtener mejores rendimientos en el cultivo; asimismo, es una característica importante en la determinación de la calidad química del vermicompost. En virtud de lo señalado,

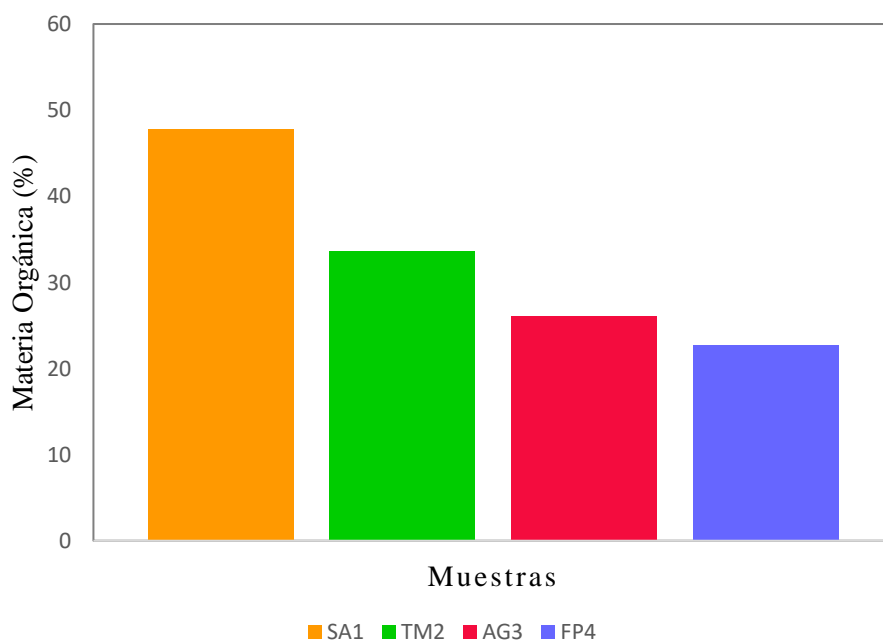
la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 y el Real Decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes señalan que el vermicompost debe presentar de 1 a 4% de nitrógeno total (Tabla 4); asimismo, la Norma Chilena NCh2880 establece que para vermicompost el contenido de nitrógeno total deberá ser mayor o igual a 0.8 %, sobre base seca. Estos parámetros coincidieron con los valores descritos por Diaz (2002) y Gómez (2007) quienes señalan que el porcentaje de nitrógeno en vermicompost debe encontrarse entre 1.5% hasta 3.35%; asimismo, Delgado (2004) resalta que las características químicas del vermicompost a base de guano bovino más guano de conejo presenta 2.35% de nitrógeno total.

Los resultados encontrados en el presente estudio se hallaron entre 0.95% hasta 1.51% de nitrógeno total (Figura 5); sin embargo, pese a que la mayoría de los resultados se encontraron dentro de los parámetros propuestos por las normas señaladas, se enfatiza también que estos apenas superaron los parámetros mínimos; esto se debería a un escaso suministro de material nitrogenado como residuos frescos y material fecal de animales durante la elaboración de la composta, el cual representa el alimento principal de las lombrices. Por lo tanto, se recomienda un adecuado suministro de material rico en nitrógeno para la elaboración del vermicompost.

#### **b. Materia orgánica**

De acuerdo a la Tabla 3, se muestran los resultados del % de Materia orgánica, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa (SA1) presentó el mayor % de materia orgánica con un 47.72%, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) con 33.66% de materia orgánica; entre tanto que en la muestra de vermicompost proveniente de la

agrícola “El agricultor” (AG3) se encontró 26.14%, seguido de la muestra proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) con 22.68%, siendo este último el menor % de materia orgánica encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 6).



**Figura 6.** Representación esquemática de los resultados del análisis de materia orgánica encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

En este sentido, se encontraron diferencias en los resultados del % de materia orgánica en las muestras de vermicompost estudiados. Es importante señalar que el contenido de materia orgánica en una enmienda como el vermicompost, contribuye a mejorar las características físico-químicas del producto, mejorando la estructura del suelo y la retención de agua. De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 en vermicompost, el contenido de materia orgánica debería estar entre 20 y 50%; del mismo modo, el Real Decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes señala que, en vermicompost el contenido de materia orgánica debe ser 30% (Tabla 4). Estos valores coincidieron con los resultados de las muestras de los vermicompost provenientes de las zonas productoras de Santa (AG3) y Tangay



Medio (TM2), en el cual se encontró 47.72% y 33.66% de materia orgánica respectivamente.

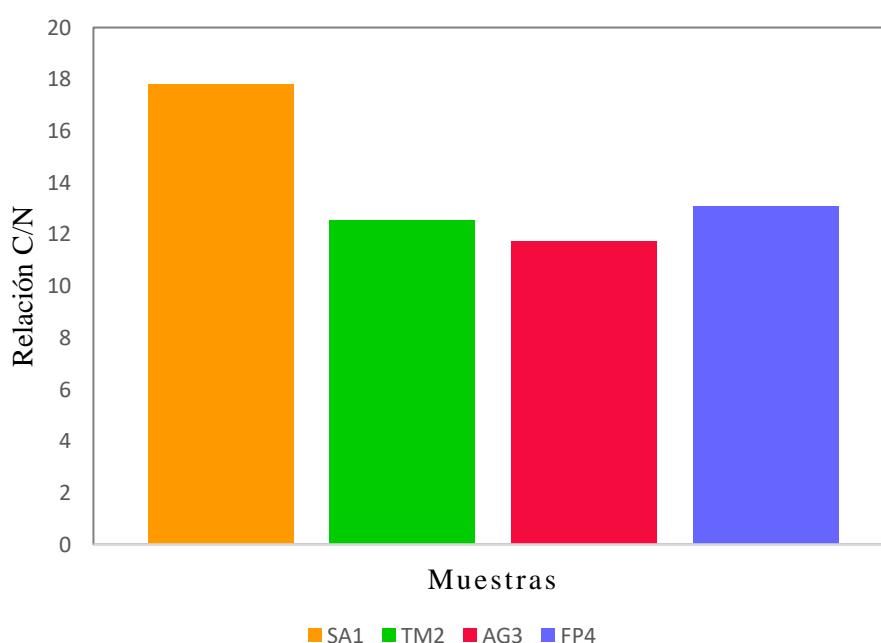
Por otro parte, la Norma Chilena NCh2880, indica que el contenido de materia orgánica en compost clase A deberá ser mayor o igual a 45%, valor que coincide solo con la muestra del vermicompost de Santa, mientras que en compost clase B la norma establece un valor mayor o igual a 25%. En relación con los valores establecidos por las normas, Gómez (2007) indica que el contenido de materia orgánica en vermicompost debe encontrarse entre 30 y 50%, en este sentido, Delgado (2004) señala que la materia orgánica en vermicompost a base de guano bovino y guano de conejo presenta 32.19 %.

Sin embargo, los resultados encontrados en las muestras de vermicompost se hallaron entre 22.68% y 47.72% de materia orgánica (Figura 6). Enfatizando que los porcentajes más bajos se encontraron en las muestras de vermicompost provenientes de las agrícolas “El agricultor” (AG3) y “Frutícola Paredes” (FP4) con valores de 26.14% y 22.68% respectivamente. Estos resultados se deben, probablemente, a un escaso suministro de materia orgánica durante todo el trabajo de elaboración del vermicompost. Por lo tanto, se considera necesario mayor presencia de materia orgánica durante el proceso de compostaje, sobre todo en el vermicompost obtenido de las agrícolas “El agricultor” y “Frutícola Paredes” quienes presentaron los porcentajes más bajos.

### **c. Relación Carbono/Nitrógeno**

Según la Tabla 4, se muestran los resultados de Relación Carbono/Nitrógeno, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa

(SA1) presentó el mayor número de relación carbono/nitrógeno cuyo valor encontrado fue 17.81, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) con 12.55; entre tanto que en la muestra proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) se encontró un valor de 13.09, seguido de la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) con un valor de 11.73, siendo este último el menor número de relación carbono/nitrógeno encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 7).



**Figura 7.** Representación esquemática de los resultados del análisis de relación C/N encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

De igual manera, se encontraron diferencias en la Relación Carbono/Nitrógeno en las muestras de vermicompost estudiados, este parámetro químico es muy utilizado por las normas internacionales de calidad para vermicompost. En relación a ello, la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 y el Real Decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes señalan que esta relación debe ser menor o igual a 20. Asimismo, La Norma Chilena NCh2880 establece que para compost clase A la

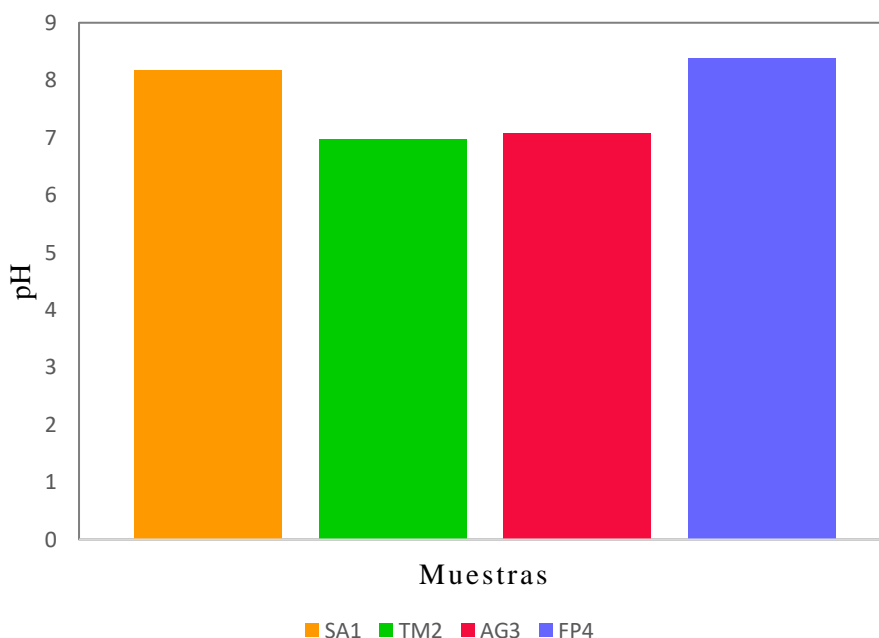
relación C/N debe estar entre 10 y 25, y para compost clase B entre 10 y 40 (Tabla 4). Acorde a los resultados del presente estudio, todas las muestras analizadas se encontraron dentro de los parámetros establecidos, presentando valores desde 11.73 hasta 17.81 (Figura 7). Estos resultados coincidieron con los valores encontrados por Delgado (2004), Gómez (2007) y Román *et al* (2013), quienes señalan que la relación carbono nitrógeno en vermicompost debe encontrarse entre 9 y 13.

En relación a ello, Kumar, Gupta, & Kumar (2017) indican que “las raíces de las plantas en general no pueden asimilar el nitrógeno mineral a menos que la relación carbono/nitrógeno (C/N) sea del orden de 20:1 o inferior”, también señalan que la relación C/N del sustrato compuesto por trigo más estiércol de vaca presenta 17.01 y 15.20 después de 60 y 90 días de vermicompostaje y en el sustrato con paja de mijo más estiércol de vaca presenta 13.44 y 6.55 de relación C/N después de 60 y 90 días respectivamente. En relación a los resultados encontrados en el presente estudio, es probable que esto se deba a una ración equilibrada de restos de cosecha rico en contenido de carbono como restos poda, hojas secas e incluso aserrín, así como de material con alto contenido en nitrógeno como residuos frescos y estiércol de ganado; asimismo se debería también a una buena descomposición de la materia orgánica en general, característica que favorece la relación C/N de los vermicompost en estudio.

#### **d. pH**

Acorde a la Tabla 4, se muestran los resultados de pH, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) presentó el mayor número de pH con un valor de 8.39, seguido de la muestra proveniente de zona productora de Santa (SA1) en el cual se encontró un pH de 8.18; asimismo, se

encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) presentó 7.09 de pH, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) con 6.97 de pH, siendo este último el menor valor de pH encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 8).



**Figura 8.** Representación esquemática de los resultados del análisis de pH encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

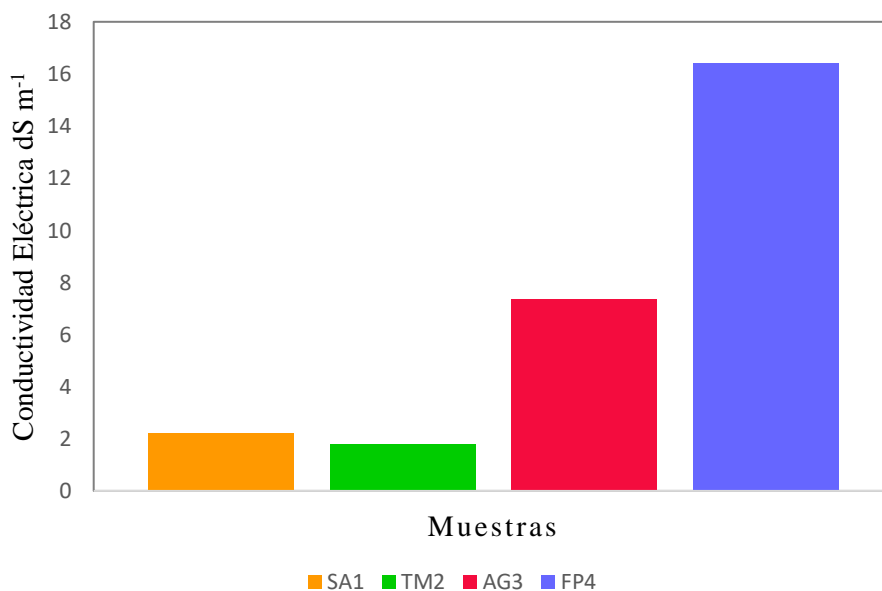
Dentro de los resultados de los análisis químicos, también se encontraron diferencias en relación con el pH de los vermicompost estudiados. Cabe resaltar que el pH juega un rol importante en la disponibilidad de nutrientes para la planta. Este parámetro es utilizado por las normas internacionales para identificar la calidad química del vermicompost. En este sentido la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 señala que, en todos los grados de calidad del vermicompost el pH se debe encontrar entre 5.5 a 8.5; valores similares a lo señalado por Decisión (UE) 2015/2099—la cual indica que el pH referido a sustratos de cultivo se debe encontrar entre 4 y 7 y la Norma Chilena entre 5.0 y 7.5 (Tabla 4). En el presente estudio, todas las muestras analizadas correspondieron a los parámetros de la Norma

de México; no obstante, las muestras de la zona productora de Santa (SA1) y la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) se encontraron sobre los límites máximos de pH correspondientes a las Normas de Unión Europea y Chile con valores de 8.18 y 8.39 respectivamente (Figura 8).

Respecto a lo anterior, Díaz (2002) señala que “La producción de ácidos orgánicos causa la acidificación durante la etapa inicial de la maduración del compost, pero al aumentar la temperatura también aumenta el pH, estabilizándose en valores de 7.5 y 8.5”. Por lo tanto, es necesario prestar vital atención durante el trabajo de compostaje, debido a que es en la fase mesófila inicial donde se observa una disminución del pH por la acción de los microorganismos, dado que estos actúan sobre la materia orgánica produciendo una liberación de ácidos orgánicos, seguido de esto, en la fase termófila el pH del medio suele incrementarse debido a la pérdida de ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas (Sánchez & Monedero, citado por Bueno *et al.*, 2008); por otra parte, Román *et al.* (2013) enfatiza que el incremento del pH mayor de 8.5 también se debe a “un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C/N, asociado a la humedad y altas temperaturas, por lo que se produce amoníaco alcalinizando el medio”. No obstante, si bien es cierto las muestras de Santa (SA1), así como la muestra de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) no superaron el pH de 8.5, este leve incremento que presentaron las muestras también se debería a la calidad del agua utilizada para su riego, en este sentido, López & Mickelbart (s.f.) señalan también que la alta alcalinidad del agua produce un alto pH del sustrato por lo cual es necesario realizar análisis del agua utilizado para el vermicompost.

### e. Conductividad Eléctrica

Acorde a la Tabla 4, se muestran los resultados de conductividad eléctrica, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) presentó el mayor número de conductividad eléctrica con un valor de  $16.4 \text{ dS m}^{-1}$ , seguido de la muestra proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) el cual presentó  $7.33 \text{ dS m}^{-1}$ ; asimismo, se encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa (SA1) presentó  $2.21 \text{ dS m}^{-1}$ , seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) con  $1.77 \text{ dS m}^{-1}$ , siendo este último el menor valor de conductividad eléctrica encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 9).



**Figura 9.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Conductividad eléctrica encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

Asimismo, se encontraron diferencias en relación con la conductividad eléctrica presente en los vermicompost analizados. Este parámetro se torna más importante, dado que a mayor contenido de conductividad eléctrica mayor es la presencia de sales en el sustrato, lo que dificultaría la absorción de agua por las raíces de las

plantas. Es importante precisar que normas internacionales como la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI- 2008, el Real Decreto 506/2013 (UE) y la Norma Chilena NCh2880 para Compost de clase A consideran que la conductividad eléctrica debe ser menor o igual de  $4 \text{ dS m}^{-1}$  (Tabla 4). La Norma Chilena NCh2880 para Compost clase B, por otra parte, indica que los valores de conductividad eléctrica deben estar entre de 5 a  $12 \text{ dS m}^{-1}$ . En el presente estudio, solo las muestras de las zonas productoras de Santa (SA1) y Tangay Medio (TM2) presentaron valores correspondientes a 2.21 y  $1.77 \text{ dS m}^{-1}$  de conductividad eléctrica (Figura 9), encontrándose dentro de los parámetros establecidos por las normas de México, Chile en compost clase A y el Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes. Estos resultados coincidieron con los valores propuestos por Diaz (2002), quien señaló que el contenido de conductividad eléctrica en vermicompost debe ser  $3 \text{ mmhos cm}^{-1}$  ( $\text{dS m}^{-1}$ ).

No obstante, se precisa que el mayor contenido de conductividad eléctrica encontrada se halló en las muestras de las agrícolas “El agricultor” (AG3) y “Frutícola Paredes” (FP4) con valores correspondientes a 7.33 y  $16.4 \text{ dS m}^{-1}$ . Durán & Henríquez (2007) explican que estos valores pueden deberse, en primer lugar, a las condiciones en las que se llevó a cabo el proceso de vermicompostaje, por lo que señalan prestar atención a las compostas producidas en lugares cubiertos (en cajones), dado que muestran mayor presencia de sales a comparación de los que se encuentran expuestos a la lluvia donde pueden escurrir el lavado y pérdidas de lixiviados; asimismo, enfatiza que esto puede ocurrir sobre todo en materiales originalmente altos en sales. Por otro lado, señala también que otro factor que podría aumentar la conductividad eléctrica es la presencia de potasio, elemento que considera como uno de los mayores contribuyentes a los contenidos de sales.

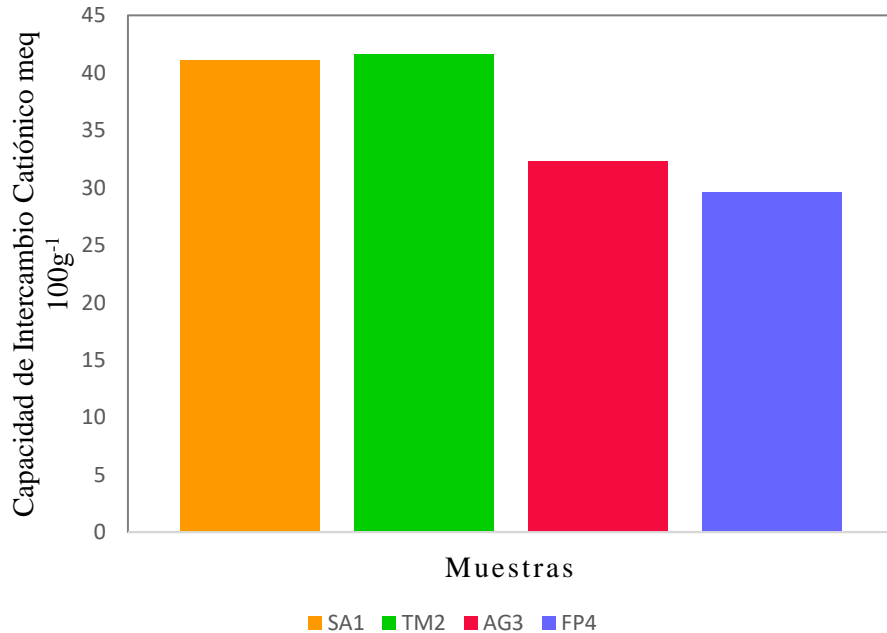
Respecto a esta última precisión, esto también se comprueba en estas muestras, las cuales presentaron los mayores contenidos de potasio.

Por otra parte, Mogollón, Martínez, & Torres (2016) indican que otra posible causa de la variación de la conductividad eléctrica del vermicompost se debe al tipo de desechos utilizados, el estado de descomposición de los materiales, las condiciones en las cuales se lleva el proceso de vermicompostaje y las condiciones de almacenamiento. Por lo tanto, se recomienda prestar vital atención en los materiales utilizados al compostar y el manejo adecuado durante todo el proceso de vermicompostaje.

#### **f. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

De acuerdo a la Tabla 4, se muestran los resultados de capacidad de intercambio catiónico, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) presentó el mayor número de capacidad de intercambio catiónico con un valor de  $41.6 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ , seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Santa (SA1) el cual presentó  $41.12 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ ; asimismo, se encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) presentó  $32.32 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ , seguido de la muestra proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) con  $29.6 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ , siendo este último el menor valor de capacidad de intercambio catiónico encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 10).





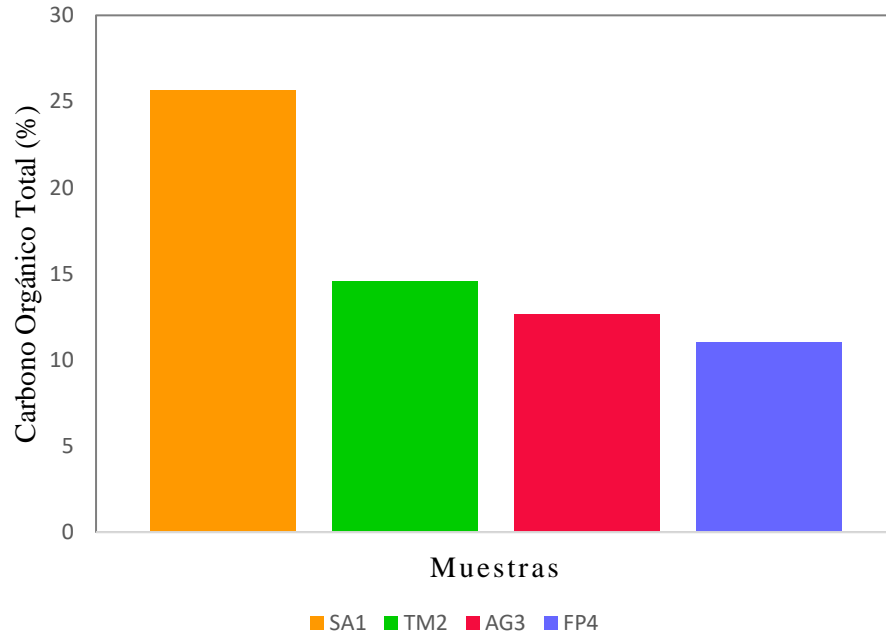
**Figura 10.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Capacidad de intercambio catiónico encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

Referente a ello, se encontraron diferencias respecto a la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) presente en los vermicompost estudiados. Este parámetro químico es de vital importancia, dado que, si el vermicompost utilizado como enmienda orgánica posee alta capacidad de intercambio catiónico, estos valores ayudarán a aumentar la fertilidad del suelo y así lograr un óptimo crecimiento del cultivo. En este sentido, la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 señala que esta debe ser mayor de 40 meq 100 g<sup>-1</sup> (Tabla 4). En el presente estudio, los resultados obtenidos demostraron que solo las muestras de las zonas productoras de Santa (SA1) y Tangay Medio (TM2) correspondieron a este parámetro, cuyos resultados se hallaron entre 41.12 y 41.6 meq 100 g<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que las muestras de las agrícolas “El Agricultor” (AG3) y “Frutícola Paredes” (FP4) no alcanzaron los parámetros mínimos establecidos, debido a que se encontró solo un 32.32 y 29.6 meq 100 g<sup>-1</sup> (Figura 10). Estos valores

encontrados en las muestras de vermicompost adquiridas por las agrícolas se deberían principalmente a un deficiente uso de materia orgánica utilizada en la elaboración del vermicompost y a un inadecuado manejo durante el proceso de la descomposición de la materia orgánica; asimismo, esto se puede comprobar debido a que ambas muestras presentaron los porcentajes más bajos del contenido de materia orgánica. Por lo tanto, se recomienda mayor presencia de materia orgánica para la elaboración del vermicompost, ya que esto influirá en aumentar la retención de cationes y así mejorar la fertilidad del suelo.

#### **g. Carbono Orgánico**

Según la Tabla 4, se muestran los resultados de carbono orgánico total, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa (SA1) presentó el mayor contenido de carbono orgánico con un % de 25.66%, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) el cual presentó 14.56%; asimismo, se encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) presentó 12.67%, seguido de la muestra proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) con 11.01%, siendo este último el menor % de carbono orgánico encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 11).



**Figura 11.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Carbono orgánico total encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

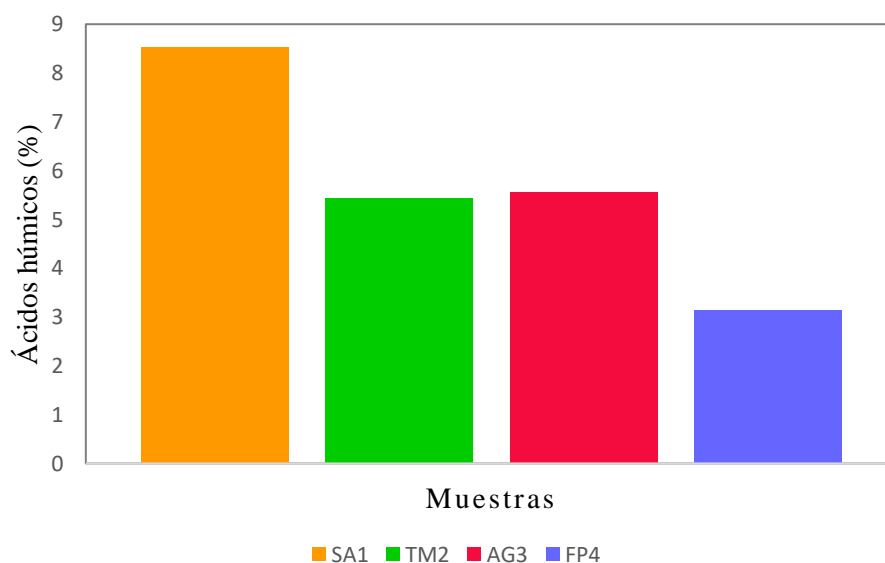
En este sentido, se encontraron diferencias en los resultados de carbono orgánico de los vermicompost estudiados. Se debe tener presente que el carbono orgánico en el suelo favorece la capacidad de intercambio catiónico, mejora la retención de humedad y actúa como fuente energética para los microorganismos del suelo (Martínez *et al.*, 2008). Se precisa que tanto en la Norma Mexicana, como la Norma Chilena y la Norma de la Unión Europea no se hallaron parámetros establecidos para el contenido de carbono orgánico total. En este sentido, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP) indicó que la cantidad de carbono orgánico presente en el vermicompost debe estar entre 8.7% y 38.8%. En el presente estudio, los resultados obtenidos de las cuatro muestras se encontraron dentro de los parámetros indicados con valores desde 11.01% hasta 25.66% de carbono orgánico (Figura 11). Es necesario precisar que a pesar de que todas las muestras se encontraron dentro de los parámetros establecidos, se debe

tener presente las diferencias existentes entre los valores encontrados en las muestras obtenidas de las zonas productoras (Santa y Tangay Medio) y las muestras de las agrícolas (“El Agricultor” y “Frutícola Paredes”), ya que estas últimas presentaron los valores más bajos en carbono orgánico total. Los resultados de las muestras de vermicompost obtenidas de las agrícolas se deberían principalmente a la menor cantidad de materia orgánica utilizada durante el trabajo de compostaje, respecto a esto último, Milian (2015) señala que “la materia orgánica del suelo supone una importante reserva de carbono sobre la que se puede incidir para optimizar el secuestro de carbono”. Asimismo, este mismo autor indica que “los beneficios indirectos del secuestro de carbono en el suelo se reflejan en la mejora de la estabilidad estructural, la capacidad de retención de agua, la disponibilidad de nutrientes en formas de liberación retardada, la actividad microbiana”. Por ello, se hace necesario resaltar la necesidad de utilizar la cantidad suficiente de materia orgánica durante todo el proceso del vermicompost, así como supervisar su correcta descomposición, para lograr los resultados deseados y obtener vermicompost de calidad.

#### **h. Ácidos Húmicos**

Acorde a la Tabla 4, se muestran los resultados de Ácidos húmicos, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa (SA1) presentó el mayor contenido en ácidos húmicos con un % de 8.53%, seguido de la muestra proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) el cual presentó 5.57%; asimismo, se encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) presentó 5.45%, seguido de la muestra

proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) con 3.15%, siendo este último el menor % de ácidos húmicos encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 12).



**Figura 12.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Ácidos húmicos encontrado en las 4 muestras de humus de vermicompost.

En este aspecto, la presencia de ácidos húmicos en vermicompost se hace relevante debido al beneficio que le aporta al cultivo, como la estimulación en el desarrollo de la raíz y también a nivel foliar, aumentando la permeabilidad de la membrana celular y facilitando la absorción de nutrientes (IICA y CATIE, 2003). En el presente estudio, se encontraron diferencias en el contenido de ácidos húmicos en los vermicompost estudiados. Cabe indicar que tanto en la Norma Mexicana, como en la Norma Chilena y la Norma de la Unión Europea no se hallaron parámetros establecidos para ácidos húmicos. Es por ello por lo que se resalta lo mencionado por Díaz (2002) en su guía de lombricultura, donde señala que los ácidos húmicos en vermicompost deben encontrarse entre 5 y 7%.

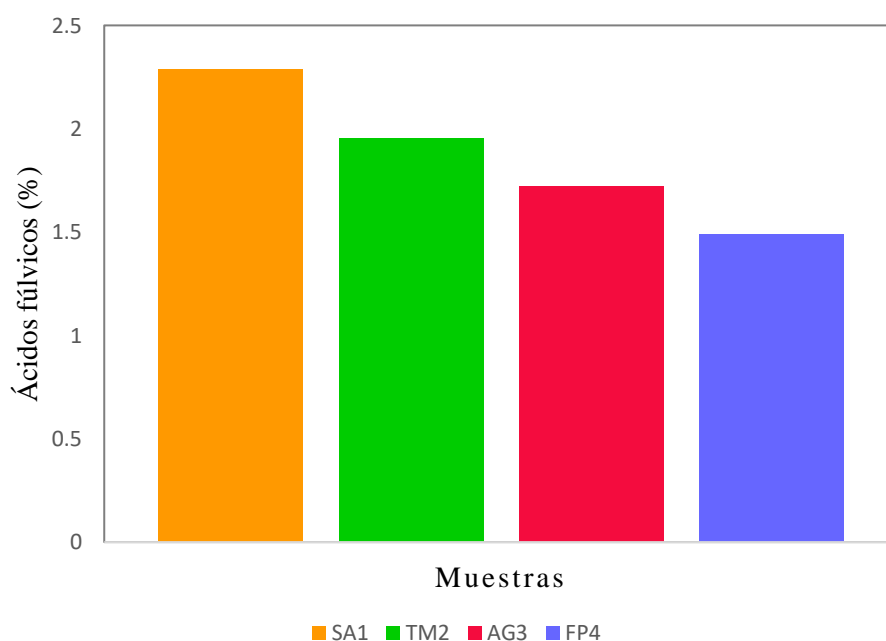
De acuerdo con los resultados obtenidos, solo la muestra de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) presentó el menor porcentaje de ácidos húmicos con 3.15% (Figura

12). Este bajo porcentaje se debería a un inadecuado manejo poscosecha del producto, relacionado a un menor tiempo en la maduración del vermicompost después de ser recolectado, dado que, si se almacena el producto por un tiempo mayor antes de utilizarlo inmediatamente, las bacterias presentes en el vermicompost se encargarán de humificarlo aún más y enriquecer el producto. Respecto a ello, Chen, Chefetz, & Hadar (1996) indican un incremento de ácidos húmicos de 18% al 45% en compost a base de estiércol de ganado y 5 a 20% en compost de desechos sólidos municipales debido a un mayor tiempo de compostaje de la materia orgánica. De la misma manera, Fukushima *et al.* (2009) indicaron que, en la evaluación de la madurez del compost de desecho de madera, los índices de humificación aumentaron en relación con la duración del compostaje. Es por ello por lo que, Guo, Liu, & Wu (2019) resaltan que “la formación de ácidos húmicos es un producto central y un indicador crucial de la maduración del compost que puede utilizarse en las enmiendas del suelo”.

No obstante, los resultados obtenidos de las muestras de las zonas productoras de Santa (SA1) y Tangay Medio (TM2), así como la muestra de la agrícola “El agricultor” (AG3), demuestran los beneficios del uso de estos vermicompost, debido a que la presencia de los ácidos húmicos permitirá a la planta obtener los nutrientes necesarios para su desarrollo fisiológico con mayor facilidad y disposición. En este sentido, Pasqualoto, Lopes, Okorokova, & Rocha (2002) indican que los efectos de los ácidos húmicos aislados del vermicompost en base de estiércol de ganado mejoran el crecimiento de las raíces de las plántulas de maíz, así como una marcada proliferación de sitios de emergencia de raíces laterales.

## i. Ácidos fúlvicos

Acorde a la Tabla 4, se muestran los resultados de Ácidos fúlvicos, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa (SA1) presentó el mayor contenido en ácidos fúlvicos con un % de 2.29%, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) el cual presentó 1.95%; asimismo, se encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) presentó 1.72%, seguido de la muestra proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) con 1.49%, siendo este último el menor % de ácidos fúlvicos encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 13).



**Figura 13.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Ácidos fúlvicos encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

Referente a ello, se encontraron diferencias en los contenidos de ácidos fúlvicos pertenecientes a los vermicompost estudiados. Se debe reconocer el rol que cumplen los ácidos fúlvicos en el desarrollo de la planta, en este aspecto, Mahavishnan *et al.* (2014) determinaron que el “ácido fúlvico actúa de manera similar a la hormona

vegetal auxina en el tabaco, influyendo en la expresión de genes clave que codifican transportadores y enzimas involucradas en la absorción de K y el metabolismo del almidón”. Sin embargo, es preciso resaltar que, así como en los ácidos húmicos, tampoco se encontraron parámetros establecidos para ácidos fúlvicos descritos por la Norma Mexicana, la Norma Chilena y la Norma de la Unión Europea. En virtud de ello, Diaz (2002) indica que los ácidos fúlvicos en vermicompost deben de encontrarse entre 2 y 3%.

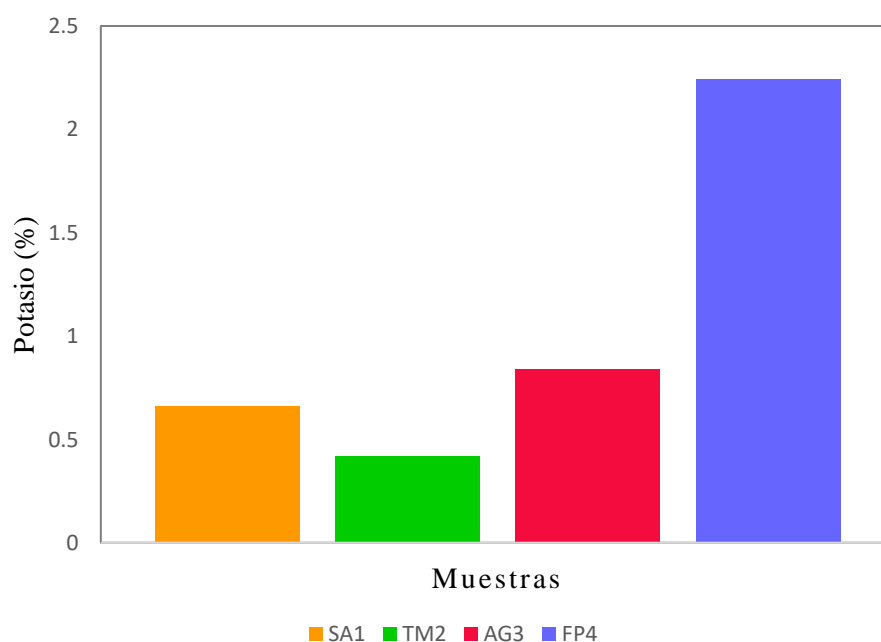
En este estudio, se encontraron diferencias en el contenido de ácidos fúlvicos, dado que los porcentajes encontrados variaron entre 1.49 y 2.29 % (Figura 13), resaltando que solo la muestra de la zona productora de Santa (SA1) se halló dentro de los parámetros indicados. Es preciso indicar que tanto los ácidos húmicos como los fúlvicos son producto de la descomposición de la materia orgánica, por lo que esta disminución en ácidos fúlvicos se debería a un deficiente proceso de descomposición de los residuos orgánicos utilizados para el vermicompost. Por lo tanto, se recomienda hacer seguimientos durante todo el proceso del vermicompostaje para evaluar el grado de descomposición de la materia orgánica.

#### **j. Potasio**

Según la Tabla 4, se muestran los resultados de Potasio, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) presentó el mayor contenido de potasio con un % de 2.24%, seguido de la muestra proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) el cual presentó 0.84%; asimismo, se encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa (SA1) presentó 0.66%, seguido de la muestra proveniente de la zona



productora de Tangay Medio (TM2) con 0.42%, siendo este último el menor % de potasio encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 14).



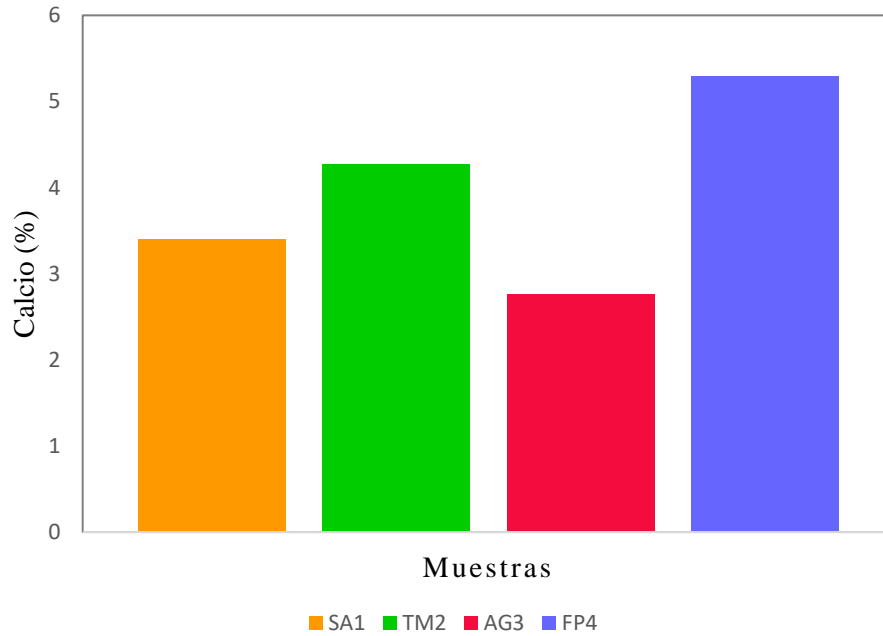
**Figura 14.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Potasio encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

En virtud de ello, se encontraron diferencias en el contenido de potasio entre los diferentes vermicompost estudiados, es necesario indicar que el potasio es un parámetro químico utilizado por diferentes normas internacionales. La Norma Mexicana NTEA-006-SMA-RS-2006 para mejoradores de suelo, señala que el contenido de potasio debe ser mayor a 0.25%; asimismo, el Real Decreto 506/2013 (UE), señala que se debe superar el 1% de potasio en vermicompost (Tabla 4). En el presente estudio, todas las muestras se encontraron dentro de los parámetros de la Norma Mexicana con valores desde 0.42 hasta 2.24% (Figura 14); sin embargo, solo la muestra FP4 se encontró dentro de los parámetros establecidos por el Real Decreto 506/2013.

Estos parámetros coincidieron con los valores indicados por Diaz (2002), quien señala que el porcentaje de potasio en vermicompost debe encontrarse desde 0.5% hasta 1.5%. Los resultados encontrados se deberían al tipo de sustrato utilizado para la elaboración de vermicompost. En este sentido, Sinha *et al.* (2009) mencionan que “la calidad nutricional del vermicompost está determinada principalmente por el tipo de sustrato (materias primas) y especies de lombrices de tierra utilizadas para el compostaje, junto con inoculantes microbianos, encalado, aireación, humedad, pH y temperatura”. Acerca de ello, Cruz, Álvarez, Soria, & Candelaria (2016) señalan que un vermicompost a base de 50% de bovinaza + 50% de conejaza aporta 1.03% de potasio, entre tanto que un vermicompost a base de 50% de caballaza + 50% de cerdaza aporta 0.62% de potasio. Es por ello que se resalta el aporte favorable de este elemento en las muestras de vermicompost, el cual cumplirá un rol importante en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

#### **k. Calcio**

Acorde a la Tabla 4, se muestran los resultados de Calcio, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) presentó el mayor contenido de calcio con un % de 5.29%, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) el cual presentó 4.27%; asimismo, se encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa (SA1) presentó 3.4%, seguido de la muestra proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) con 2.76%, siendo este último el menor % de calcio encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 15).

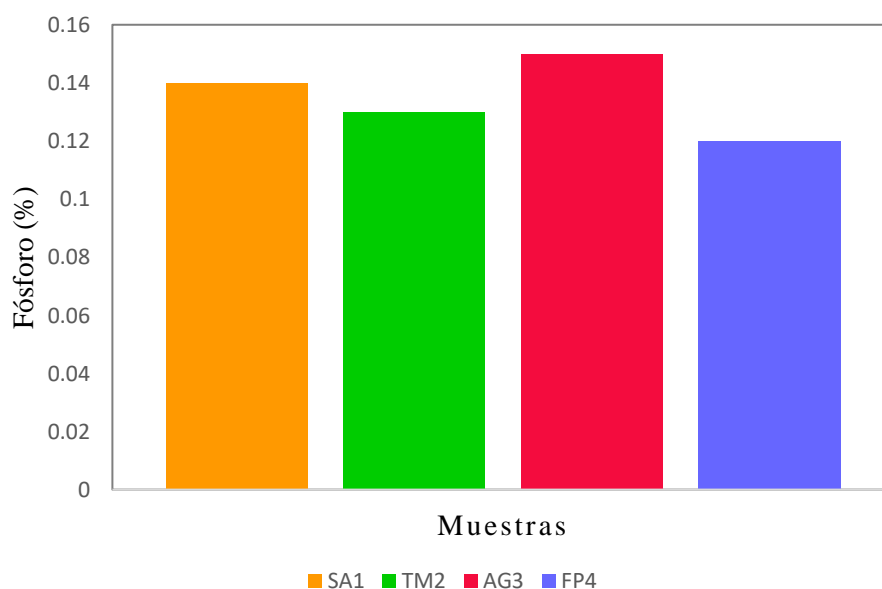


**Figura 15.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Calcio encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

Por otro lado, el calcio al igual que el potasio, es un parámetro químico utilizado por diferentes normas internacionales. De acuerdo con el Real Decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes, el contenido de calcio debe superar el 2% (Tabla 4), este valor coincide con los valores propuestos por Díaz (2002) y Gómez (2007), los cuales indican que el contenido de calcio en vermicompost debe encontrarse desde 2.5% hasta 8.7%. En el presente estudio, todas las muestras se encontraron dentro de los parámetros establecidos por la norma (Figura 15). De acuerdo con esto, Lakshmi, Nagalakshmi, & Shanmuga (2015) señalan que el aumento de calcio en el vermicompost se debería a “la presencia de glándulas calcíferas presente en las lombrices de tierra que están involucradas en la producción de carbonato de calcio que podría favorecer la disponibilidad de calcio en el vermicompost”. Ante esto, Robertson (1936) indica que “la excreción de carbonato dependerá de la presencia de compuestos de calcio en la tierra y materia orgánica ingerida, y los diversos factores influyendo en su absorción y excreción”.

## 1. Fósforo

De acuerdo a la Tabla 4, se muestran los resultados de Fósforo, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) presentó el mayor contenido de fósforo con un % de 0.15%, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Santa (SA1) el cual presentó 0.14%; asimismo, se encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) presentó 0.13%, seguido de la muestra proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) con 0.12%, siendo este último el menor % de fósforo encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 16).



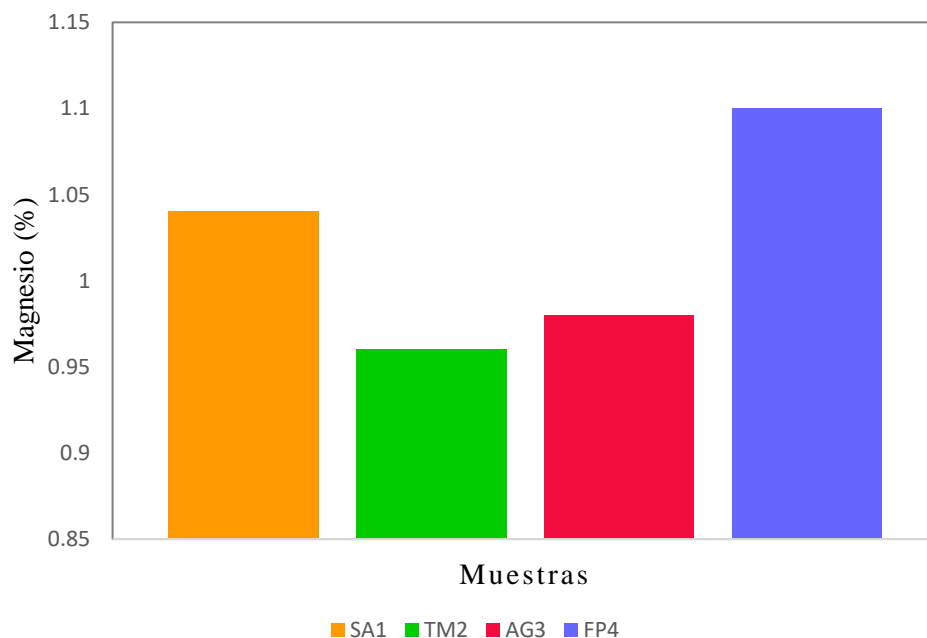
**Figura 16.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Fosforo encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

En relación con el contenido de fósforo en vermicompost, La Norma Mexicana NTEA-006-SMA-RS-2006 para mejoradores del suelo, señala que el contenido de fósforo debe ser mayor a 0.1%; no obstante, el Real Decreto 506/2013 para vermicompost considera que debe superar el 1% (Tabla 4). En el presente estudio, se encontraron diferencias en el contenido de fósforo entre los diferentes vermicompost

estudiados, hallándose valores desde 0.12% hasta 0.15% (Figura 16). Es preciso indicar, que a pesar de que los resultados superaron los parámetros mínimos propuestos por la Norma Mexicana NTEA-006-SMA-RS-2006, estos valores siguen siendo demasiado bajos comparados con el Real Decreto 506/2013. Estos resultados se deberían a la escasa cantidad de materia orgánica utilizada en la elaboración del vermicompost, ante esto Nelson & Janke (2007) señalan que “el grupo de fósforo orgánico aumenta con el contenido de materia orgánica”, enfatizando también que “los compuestos orgánicos de fósforo como los fosfatos de inositol, los ácidos nucleicos y los fosfolípidos presentes en la materia orgánica se pueden mineralizar durante la descomposición de la materia orgánica (...)”. Por otra parte, este mismo autor señala que un adecuado suministro de estiércol ayudaría a aumentar la cantidad de fósforo en el vermicompost, dado que el fósforo inorgánico representa el 75% al 90% del fósforo total presente en el estiércol, asíndose así más disponible para las plantas.

### **m. Magnesio**

Acorde a la Tabla 4, se muestran los resultados de Magnesio, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) presentó el mayor contenido de magnesio con un % de 1.1%, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Santa (SA1) el cual presentó 1.04%; asimismo, se encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) presentó 0.98%, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) con 0.96%, siendo este último el menor % de magnesio encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 17).



**Figura 17.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Magnesio encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

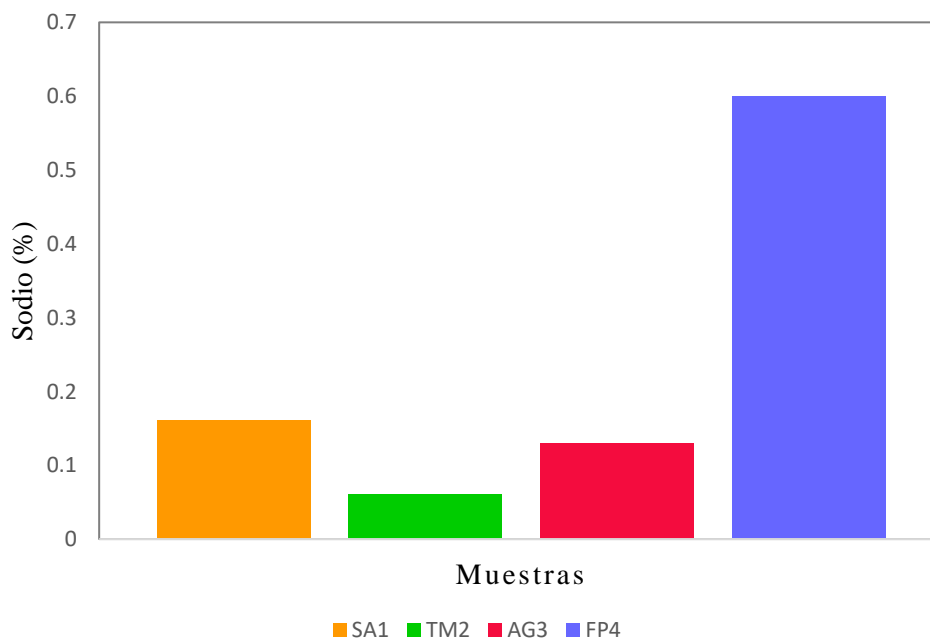
También se encontraron diferencias en el contenido de magnesio entre los diferentes vermicompost estudiados. Es importante resaltar que el magnesio desempeña un rol importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, participando en procesos fisiológicos y bioquímicos como en la síntesis de proteínas, recarga del floema, partición y asimilación de los productos de la fotosíntesis (Cakmak & Yazici, 2010). Es por ello por lo que este parámetro químico es utilizado por diferentes normas internacionales como el Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes, el cual indica que el contenido de magnesio debe superar el 2% en vermicompost (Tabla 4). Por otra parte, Diaz (2002), y Gómez (2007) señalan que el contenido de magnesio para vermicompost debe de encontrarse entre 0.2% y 0.78%.

En este estudio, los resultados encontrados se hallaron entre 0.96% y 1.1% de magnesio (Figura 17). No obstante, estos resultados no alcanzaron los parámetros

mínimos establecidos por la Norma del Real Decreto 506/2013. Estos bajos niveles de magnesio encontrados en los vermicompost estarían influenciados por el tiempo de almacenamiento. Respecto a ello, Kleawklaharn & Boonthai (2014) señalan que la cantidad de magnesio contenido en un vermicompost a base de residuos vegetales + tierra + estiércol de vaca recién cosechado presentó 0.27%; no obstante, después de un mes de almacenamiento este porcentaje descendió a 0.22%, empero, al tercer mes de almacenamiento el porcentaje se incrementó a 0.31% de magnesio. Este cambio en el contenido de magnesio se les atribuye a los microorganismos presentes en el vermicompost, encargados de la liberación de nutrientes de la materia orgánica. Por lo tanto, se recomienda prolongar el tiempo de almacenamiento del vermicompost para aumentar la cantidad de nutrientes que beneficien la calidad química del producto.

#### **n. Sodio**

Según la Tabla 4, se muestran los resultados de Sodio, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) presentó el mayor contenido de sodio con un % de 0.6%, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Santa (SA1) el cual presentó 0.16%; asimismo, se encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) presentó 0.13%, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) con 0.06%, siendo este último el menor % de sodio encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 18).



**Figura 18.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Sodio encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

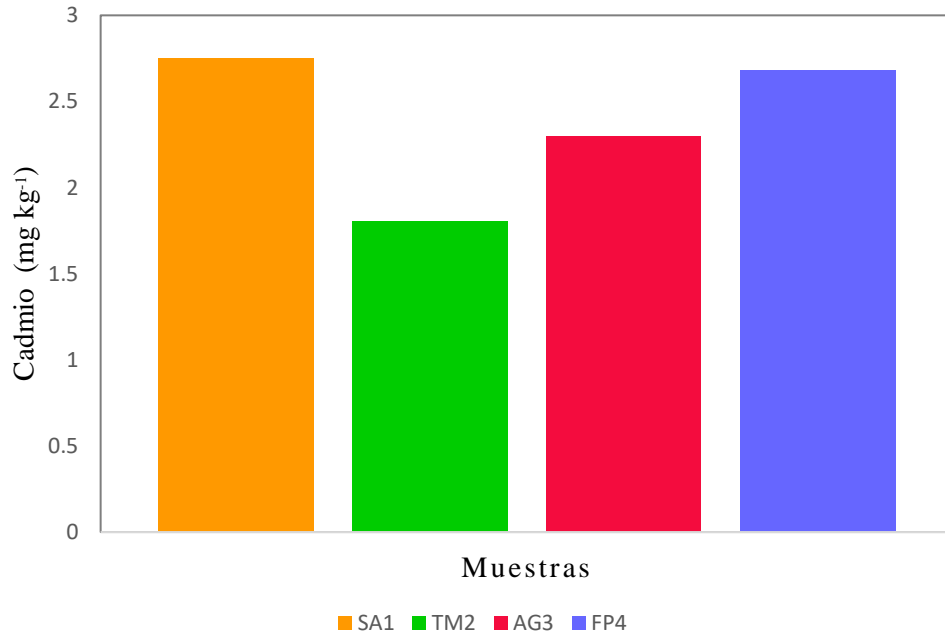
En este sentido, se encontraron diferencias en el contenido de sodio entre los diferentes vermicompost estudiados. Según PROMIX (2018), el sodio participa en la apertura y cierre de estomas, los cuales intervienen en la regulación del equilibrio interno del agua. Este elemento es utilizado por diferentes normas internacionales como parámetro químico del vermicompost, entre ellos se encuentra el Real Decreto 506/2013, sobre productos fertilizantes, el cual señala que el contenido de sodio debe superar el 3% en vermicompost; sin embargo, acorde a la Norma Chilena NCh2880, para todo tipo de compost, el valor máximo de sodio debe ser 1% (Tabla 4). Este valor coincide con lo propuesto por Román *et al.* (2013), quienes indican que el contenido de sodio en vermicompost debe ser 0.02%. Conforme a los resultados obtenidos, las cuatro muestras estudiadas no alcanzaron los valores establecidos por el Real Decreto 506/2013 en vermicompost (Figura 18), hallándose valores entre 0.06% y 0.6% de sodio. Sin embargo, en relación con la Norma



Chilena, todas las muestras se encontraron dentro de los parámetros establecidos. Estos resultados también coincidieron con los valores hallados por Islam, Hasan, Rahman, Uddin, & Kabir (2016) quienes encontraron 0.09% de sodio en vermicompost y 0.085% de sodio en compost. La cantidad de sodio encontrado en las muestras de vermicompost estaría relacionada con la presencia de materia orgánica utilizada en el vermicompost, por lo tanto, se recomienda un adecuado suministro de materia orgánica para la obtención de vermicompost de mejor calidad.

#### **o. Cadmio**

Según la Tabla 4, se muestran los resultados de Cadmio, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa (SA1) presentó el mayor contenido de cadmio con  $2.75 \text{ mg kg}^{-1}$ , seguido de la muestra proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) el cual presentó  $2.68 \text{ mg kg}^{-1}$ ; asimismo, se encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) presentó  $2.3 \text{ mg kg}^{-1}$ , seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) con  $1.8 \text{ mg kg}^{-1}$ , siendo este último el menor contenido de cadmio encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 19).



**Figura 19.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Cadmio encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

En relación con el contenido de metales pesados en vermicompost, es necesario recordar que estos contribuyen a la contaminación ambiental, afectando no solo el suelo sino también la salud de las personas. Debido a esto, se consideró importante analizar la presencia de metales pesados como Cd y Plomo en vermicompost de las muestras de las zonas productoras y agrícolas.

En este sentido, se hallaron diferencias en el contenido de cadmio presente en los vermicompost estudiados. Se sabe que este metal pesado es utilizado por diferentes estándares internacionales, entre ellas, la Norma Mexicana NTEA-006-SMA-RS-2006, la Unión Europea a través de Decisión (UE) 2015/2099, y la Norma Chilena NCh2880, los cuales establecen como límite máximo permisible 1 mg kg<sup>-1</sup> de Cadmio en mejoradores de suelos, enmiendas, cubiertas del suelo, y los componentes orgánicos de sustratos de cultivo (Tabla 4). En el presente estudio, las cuatro muestras de humus superaron los valores máximos para Cd, encontrándose

valores entre 1.8 y 2.75 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 19). La presencia de cadmio encontrado en las muestras de humus estaría influenciada por la calidad de la materia orgánica utilizada para su elaboración (Bozym, 2017) y el rol de los ácidos húmicos producto de su descomposición; respecto a ello, Bravo *et al.* (2014) señalan que en la materia orgánica humificada, los ácidos húmicos cumplen un papel importante en la retención de cadmio “formando enlaces fuertes en sus grupos carboxílicos y fenólicos, con mayor capacidad y fuerza de retención que el resto de fases adsorbentes; mientras que los AF (ácidos fenólicos) movilizan el metal por fenómenos de complejación y solubilización”. Evangelou, Dagham, & Schaeffer (2004) demuestran que la aplicación de ácidos húmicos en un suelo contaminado por cadmio incrementa la absorción de este metal a las plantas, dado que en su estudio los ácidos húmicos añadidos a una velocidad de 2 g kg<sup>-1</sup> de suelo aumentaron la concentración de cadmio en los brotes *Nicotiana tabacum* de 30.9 a 39.9 mg kg<sup>-1</sup>. Ante esto, se reconoce el riesgo de la presencia de este elemento en los cultivos, así como en los seres humanos.

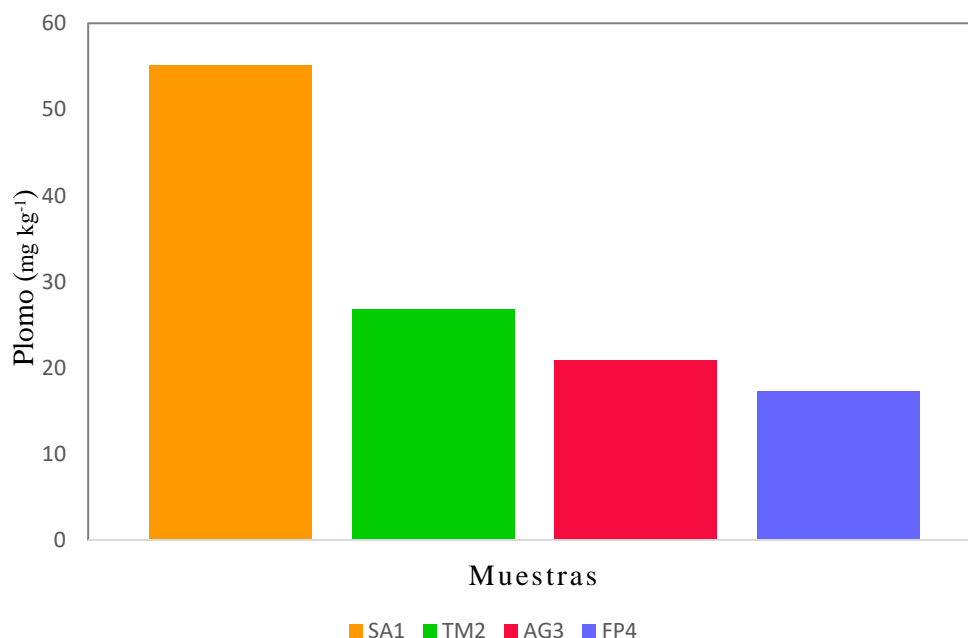
Respecto a ello Poschenrieder, Sandalio, Singh & Tewari citado por Rodríguez *et al.* (2008) indican que el cadmio produce desequilibrios nutricionales e hídricos en la planta, en este sentido Singh & Tewari (2003) señalan en su estudio titulado “La toxicidad del cadmio induce cambios en las relaciones hídricas de las plantas y en el metabolismo oxidativo de las plantas de *Brassica juncea L.*” que las plantas que reciben niveles inferiores y marginales de cadmio (100 y 200 ppm) muestran una disminución significativa en los rendimientos de materia fresca y seca, pero al nivel más alto (500 ppm) se reduce significativamente la altura de las plantas. Asimismo, observaron el inicio de marchitamiento en plantas que recibieron 500 ppm de cadmio al cuarto día de su estudio, así como clorosis en márgenes de hojas jóvenes y

posteriormente hacia la nervadura central de las hojas en niveles tanto marginales como superiores (250 y 500 ppm) de cadmio.

Por otra parte, Repetto (1995) informa los graves efectos en la salud humana producida por la acumulación de cadmio, entre estos efectos se encuentran los daños pulmonares, lesiones óseas, carcinogénesis y teratogénesis. Por lo tanto, de acuerdo con los valores encontrados, se determina el riesgo del producto, al ser utilizado como enmienda, por lo cual se hace imprescindible disminuir el contenido de cadmio en las muestras de vermicompost, para evitar la acumulación de este en las plantas.

#### **p. Plomo**

Según la Tabla 4, se muestran los resultados de Plomo, se observa que la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa (SA1) presentó el mayor contenido de plomo con  $55.08 \text{ mg kg}^{-1}$ , seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2) el cual presentó  $26.8 \text{ mg kg}^{-1}$ ; asimismo, se encontró que la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3) presentó  $20.83 \text{ mg kg}^{-1}$ , seguido de la muestra proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) con  $17.3 \text{ mg kg}^{-1}$ , siendo este último el menor contenido de plomo encontrado en las 4 muestras estudiadas (Figura 20).



**Figura 20.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Plomo encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

De igual modo, se analizó la presencia de plomo en los vermicompost estudiados encontrándose diferencias en su contenido, resaltando la afectación en la salud de las personas y en el óptimo desarrollo del cultivo; asimismo, señalando también que la presencia de plomo en las plantas puede inhibir del crecimiento de la raíz, producir un retraso en el crecimiento de la planta y clorosis (Burton citado por Alvarado, Dasgupta, Ambriz, Sanchez & Villegas, 2011). Es por ello que diferentes normas internacionales establecen parámetros máximos en su contenido. En relación con la presencia de plomo en enmiendas de suelo, las cubiertas del suelo y los componentes orgánicos de sustratos de cultivo, la Unión Europea a través de Decisión (UE) 2015/2099, establece un valor máximo de 100 mg kg<sup>-1</sup>, mientras que la Norma de Chile referida a compost orgánico establece que el contenido de plomo debe ser 50 mg kg<sup>-1</sup> (Tabla 4). En el presente estudio, las cuatro muestras se encontraron dentro de los parámetros establecidos por la Unión Europea hallándose valores entre 17.3 y

55.08 mg kg<sup>-1</sup>. No obstante, acorde a la Norma Chilena solo la muestra de la zona productora de Santa (SA1) superó el valor límite para plomo con un valor de 55.08 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 20).

El alto contenido de plomo en la zona productora de Santa en comparación de las demás muestras estaría relacionado con la materia orgánica utilizada en el vermicompost. Ante esto, Howard & Sova citado por Reyes & Barreto (2011) mencionan que se debe tener en cuenta que la materia orgánica llega a ser la fase solida de más influencia en el proceso de adsorción de plomo. Galán & Romero (2008) señalan que “la materia orgánica reacciona con los metales formando complejos de cambio o quelatos”. Por otra parte, en los seres humanos si el grado de exposición es elevado, ataca al cerebro y al sistema nervioso central, pudiendo provocar coma, convulsiones e incluso la muerte (OMS, 2018). Sin embargo, debido al bajo índice de plomo encontrado en las muestras, se determinó que no representan un riesgo alto, el cual podría afectar el suelo, el cultivo y las personas.

#### **4.3. Análisis Biológicos**

Las 4 muestras de vermicompost recolectadas fueron enviadas al laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología - Marino Tabusso, perteneciente a la Universidad Agraria La Molina (ANEXO 4), con el fin de determinar los análisis de parámetros microbiológicos. Los resultados fueron comparados con los estándares de calidad de México, Unión Europea y Chile.

Los resultados se presentan en la Tabla 5.

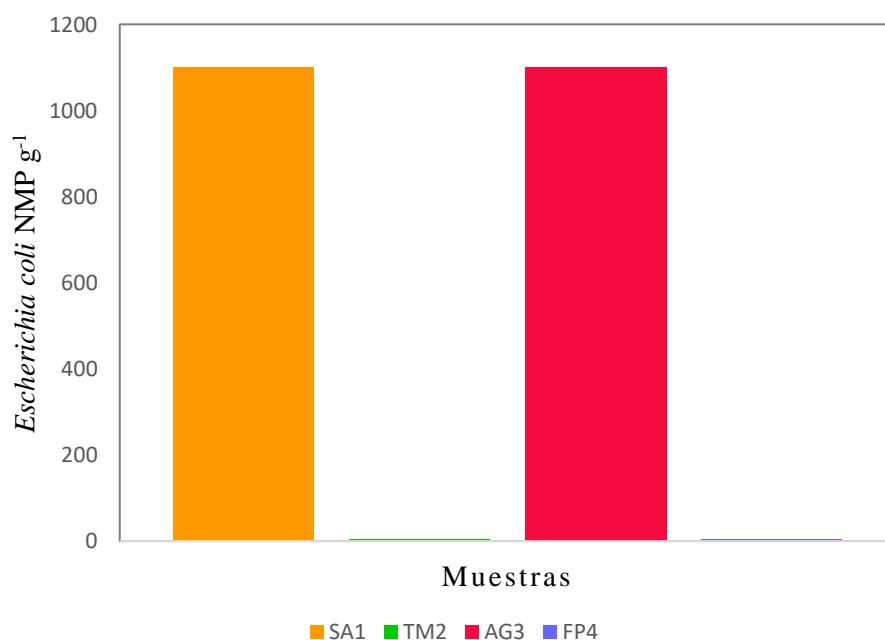
**Tabla 5**  
Resultados de los análisis biológicos comparados con los estándares internacionales de calidad

Parámetros microbiológicos	Resultados de las Muestras				Estándares de Calidad				
	SA1	TM2	AG3	FP4	México	Unión Europea	Chile		
					NMX-FF-109-SCFI-2008 <del>Vermicompost</del>	NTEA-006-SMA-RS-2006 Mejoradores de suelos	Decisión (UE) 2015/2099 Enmiendas	Real Decreto 506/2013 Enmiendas	NCh2880/2003 Compost
<i>Escherichia coli</i> (NMP/g) en base seca	1100	<3	>1100	<3	≤ 1000	< 1000	<1000	—	< 1000 < 1000
<i>Salmonella</i> sp. (NMP/g) en base seca	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	<3	Ausencia	—	Ausencia Ausencia
Huevos de Helmintos (Nº/4g) en base seca	0	0	0	1	0	≤1	—	—	Ausencia Ausencia

**4.3.1. Parámetros microbiológicos.** Los resultados de los análisis biológicos se procesaron a través del uso de histogramas.

**a. Enumeración de *Escherichia coli***

De acuerdo con la Tabla 5, se muestran los resultados de *Escherichia coli*, se observa que en la muestra de vermicompost de la agrícola “El agricultor” (AG3) se encontró presencia de *Escherichia coli* mayor de 1100 NMP g<sup>-1</sup>, seguido de la muestra proveniente de la zona productora de Santa (SA1) el cual presentó 1100 NMP g<sup>-1</sup>; asimismo, se encontró que en la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Tangay Medio (TM2), así como en la muestra proveniente de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) se encontró un número menor a 3 NMP g<sup>-1</sup> (Figura 21).



\*SA1 1100, TM2 < 3, AG3 > 1100, FP4 < 3

**Figura 21.** Representación esquemática de los resultados del análisis de *Escherichia coli* encontrado en las 4 muestras de vermicompost.



Referente a la bacteria *Escherichia coli*, el cual está presente normalmente en el intestino del ser humano, así como de los animales de sangre caliente, causante de diferentes enfermedades a través de los alimentos, cuyos síntomas pueden llegar a causar una enfermedad potencialmente mortal, como el síndrome hemolítico urémico (SHU) caracterizada por una insuficiencia renal aguda, anemia hemolítica y trombocitopenia (deficiencia de plaquetas) (OMS, 2018).

Debido a la peligrosidad que representaría esta bacteria en la salud de los seres humanos, diferentes normas internacionales han establecido parámetros máximos para *E. coli* presente en vermicompost. En este sentido la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 establece que la presencia de *E. coli* en vermicompost deberá contener como máximo 1000 número más probable (NMP) en 4 gramos en base seca, mientras que Decisión (UE) 2015/2099 de la Unión Europea establece que los valores límites de *E. coli* es de 1000 unidades formadoras de colonias (UFC) de peso fresco para sustratos de cultivo, enmiendas del suelo y cubiertas del suelo. Asimismo, La Norma Chilena NCh2880 establece que para todos los tipos de compost (Clase A, B e inmaduro) deben tener una densidad de coliformes fecales menor a 1000 NMP por gramo de compost base seca (Tabla 5).

En este estudio se encontraron diferencias en el contenido de *E. coli* presente en los vermicompost estudiados, dado que la muestra de la zona productora de Santa (SA1) y la muestra de la agrícola “El agricultor” (AG3) superaron los valores límites para *E. coli* señalado por las tres normas mencionadas (Figura 21). En relación a ello, Williams, Roberts, Avery, Killham, & Jones (2006) estudiaron la supervivencia y la dispersión de *E. coli* 0157:H7 en sustratos a base de suelos contaminados y estiércol de corral para ser digeridos por lombrices de tierra por 21 días, en los

cuales observaron que la presencia de lombrices de tierra anécticas como *Lumbricus terrestris* ayudaron al movimiento vertical de *E. coli* 0157:H7 en el suelo, mientras que las lombrices epigeas como *Dendrobaena veneta* ayudan al movimiento lateral dentro del compost, por lo cual determinaron que la digestión de los gusanos puede ayudar a la proliferación del patógeno durante las etapas iniciales del suelo, así como la contaminación del vermicompost. Es necesario indicar que, debido a que los productores de vermicompost realizan compostas para luego utilizarlo como alimento para las lombrices, estas bacterias deberían haber sido destruidas durante la etapa termofílica del compost; en este sentido, estos resultados serían producto de una posterior contaminación, producido por el uso de herramientas contaminadas con material fecal fresco, así como el uso de aguas contaminadas utilizadas para el riego y de las personas que lo manipulan (Bernal citado por Román *et al.*, 2013). Por lo tanto, se recomienda tener cuidado con la manipulación de las herramientas que se utilizan para el trabajo de vermicompostaje, ya que la presencia de *Escherichia coli* en cantidades superiores a lo establecido por las normas, afectan la calidad biológica del vermicompost y la salud de las personas.

**b. *Salmonella sp.***

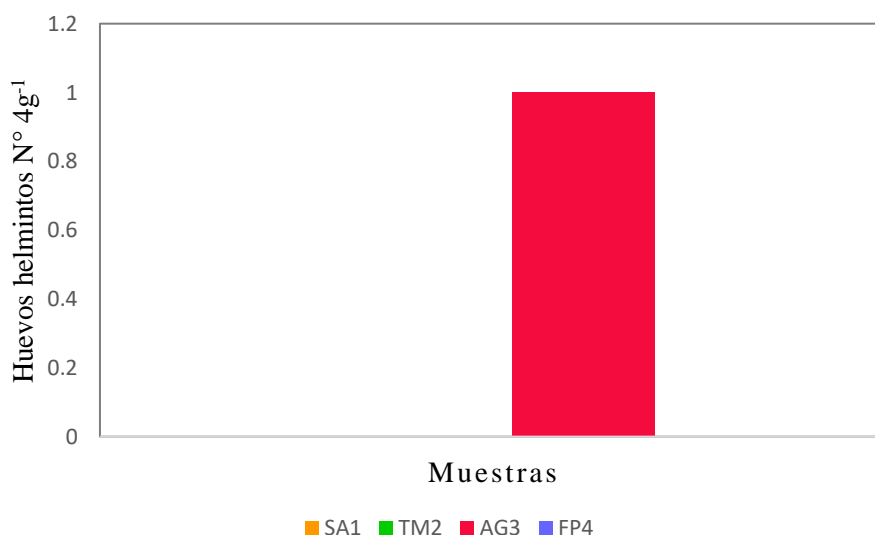
Según la Tabla 5, se muestran los resultados de *Salmonella sp.*, se observa que en la muestra de vermicompost proveniente de la zona productora de Santa (SA1), la muestra de la zona productora de Tangay Medio (TM2), la muestra de la agrícola “El agricultor” (AG3) y finalmente la muestra de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) no se encontró presencia de *Salmonella sp.*

Se debe tener en cuenta que *Salmonella sp.* es un microorganismo patógeno tanto para los seres humanos como para los animales, causante de varias enfermedades infecciosas como fiebres entéricas y gastroenteritis; asimismo, en las enmiendas orgánicas se constituyen un riesgo por la supervivencia de este patógeno después de su aplicación en el suelo (Elika, 2013). Es por ello por lo que la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 establece que la presencia de *Salmonella sp.* en vermicompost debe de corresponder a 3 NMP en 4 gramos en base seca. Sin embargo, Decisión (UE) 2015/2099 establece que *Salmonella sp.* debe estar ausente en 25 g de peso fresco, al igual que la Norma Chilena NCh2880, el cual establece que en todos los tipos de compost (clase A, B e Inmaduro) no deben presentar *Salmonella sp.* (Tabla 5). Los resultados encontrados se deberían a la eliminación de esta bacteria durante la etapa termófila del compost, en el cual bacterias como *Salmonella sp.* se eliminan a causa de las temperaturas altas característico de esta etapa, superando los 45 °C. Valores similares fueron encontrados por Soobhany (2018) y Mupondi, Mnkeni, & Muchaonyerwa (2010), en este ultimo, los investigadores observaron que mas del 95% de coliformes fecales fueron eliminados de los materiales de desecho en la primera semana de precomposicion, pero que la eliminacion total de las bacterias se logró despues de la tercera semana. Por lo tanto, al encontrarse ausencia de *Salmonella sp.* en todas las muestras estudiadas, se determinó que estas muestras pueden utilizarse sin restricciones respecto a este parámetro, y sin riesgo de ser fuente portadora de esta bacteria.

### **c. Huevos de Helmintos**

Según la Tabla 5, se muestran los resultados de huevos de helmintos, se observa que en la muestra de vermicompost proveniente de la agrícola “El agricultor” (AG3)

se encontró huevo de helminto con presencia de  $1 \text{ N}^\circ \text{ 4g}^{-1}$ ; sin embargo, no se encontró presencia de huevos de helmintos en la muestra de la zona productora de Santa (SA1), la muestra de la zona productora de Tangay Medio (TM2), así como en la muestra de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4) (Figura 22).



**Figura 22.** Representación esquemática de los resultados del análisis de Huevos de helminto encontrado en las 4 muestras de vermicompost.

Respecto al último parámetro analizado, los vermicompost estudiados presentó mínimas diferencias referente al contenido de huevos de Helmintos. La importancia de este patógeno se deriva a que casi el 24% de la población mundial está infectada por helmintos transmitidos por el suelo (OMS, 2019). Es por ello por lo que se le reconoce como un parámetro importante en la evaluación de la calidad biológica del vermicompost. Acorde a ello, la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 establece que la presencia de huevos de Helmintos en vermicompost debe encontrarse 1 en 4 g de base seca, mientras que la Norma Chilena NCh2880 indica que, para todos los tipos de compost, no debe haber presencia de huevos de

helminthos (Tabla 5). En el presente estudio, las cuatro muestras analizadas se encontraron dentro de los márgenes propuestos por las normas, encontrándose ausencia de huevos helminthos en las muestras de las zonas productoras de Santa (SA1) y Tangay Medio (TM2), así también en la muestra de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4), mientras que solo la muestra agrícola “El agricultor” (AG3) presentó 1 en 4 g (Figura 22).

En relación con ello, Nuesca, Lee, Trappe, & Holmer (2007) observaron que al utilizar lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) alimentadas con compost de heces humanas que contenían huevos de helminthos (*Necator americanus*, *Ascaris lumbricoides* y *Trichurus trichiura*) durante 60 días, el número de huevos de *Necator americanus* disminuyó de 9.69 en 2 g de sustrato a un número de 7.13 huevos en 2 g de sustrato. Asimismo, la presencia de *Ascaris lumbricoides* disminuyó de 2.25 huevos en 2 g de sustrato a 0.19 huevos en 2 g de sustrato, también observaron la disminución de *Trichurus trichiura* de 0.94 huevos en 2 g de sustrato a la total ausencia de huevos en el sustrato. En consecuencia, se resalta la importancia del uso del vermicompost como enmienda orgánica en la disminución de huevos de helminthos, sin embargo, si no se hace un manejo adecuado de la materia orgánica utilizada para su elaboración se puede correr con el riesgo de contaminar el producto con estos parásitos, dado que el huevo constituye la etapa contagiosa de los parásitos de Helmintho (Anónimo, 2008). De igual forma, los helminthos transmitidos por el suelo ponen en peligro el estado nutricional de las personas infectadas (OMS, 2019).

## V. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

- El vermicompost que presenta mejor calidad, respecto a las demás, es de Tangay Medio (TM2), esto debido a que presenta menor contenido de metales pesados y de agentes patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* y huevos de helmintos, estos parámetros son importantes dado su influencia negativa en la salud de las personas y en el riesgo de afectar la calidad de cualquier abono orgánico. Por otro lado, sus valores obtenidos se acercan más a los parámetros de calidad establecidos por la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 para vermicompost (Tabla 1).
- La muestra que presenta mejor calidad física es de Santa (SA1), esto debido a que presenta menor porcentaje de impurezas con un 43.37% (Tabla 3).
- La muestra que presenta mejor calidad química respecto a sus características agronómicas es de Santa (SA1); sin embargo, la muestra que presenta menor contenido de metales pesados es la muestra de Tangay Medio (TM2) (Tabla 4).
- Las muestras que presentan mejor calidad biológica son de la zona productora de Tangay Medio (TM2) y de la agrícola “Frutícola Paredes” (FP4), esto debido a que no se encontró presencia de *Salmonella sp.* y huevos de helmintos (Tabla 5).

## 5.2. Recomendaciones

- Para conservar la calidad del vermicompost se recomienda tener en cuenta realizar un proceso de cernido o tamizado, antes de ser almacenado en envases apropiados, para reducir el grado de impurezas que se podrían encontrar y así afectar la calidad del vermicompost.
- Se recomienda tener en cuenta que el porcentaje de humedad debe ser el recomendado por las normas mencionadas, ya que es un factor determinante para la efectiva aplicación de toda enmienda orgánica lo cual ayudará a mantener una alta población microbiana benéfica.
- Asimismo, para obtener un vermicompost de calidad, el agua debe estar limpio y libre de contaminantes, así como de organismos patógenos, por lo cual se recomienda realizar análisis de agua para evaluar su calidad y grado de alcalinidad.
- Es necesario conservar el producto en un lugar fresco y bajo sombra para que no pierda sus propiedades físicas, asimismo, se recomienda no vender el producto inmediatamente después de la cosecha, sino almacenarlo por un periodo de tiempo más, y así permitir que los microorganismos presentes en el humus incrementen las propiedades químicas del producto como la acumulación de ácidos húmicos entre otros nutrientes necesarios para un óptimo crecimiento de la planta.
- Se recomienda mayor incorporación de materia orgánica durante la elaboración del vermicompost para mejorar las propiedades físicas y químicas del producto.
- Se recomienda tener cuidado al momento de manipular el estiércol utilizado para la elaboración del vermicompost, así como el cuidado de las herramientas a

utilizar, esto con el objetivo de evitar una posterior contaminación con organismos patógenos perjudiciales en la calidad biológica del vermicompost.

- Se recomienda que el productor cuente con un formato en el cual señale la naturaleza, origen o contenido del material incorporado, así mismo mencionar todas las labores que se están realizando para un mayor control en la producción de esta enmienda.



## VI. Referencias Bibliográficas

- Abrego, F. (s.f.). Calidad Ambiental de Suelos Determinación de la Capacidad de Intercambio Cationico. 25. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 24 de Julio de 2019, de <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm#inbox/QgrcJHrjCFjlbhVprxBHIBjXMszpnvdqJcl?projector=1&messagePartId=0.1>
- Acosta, C. (2006). El suelo agrícola, un ser vivo. Recuperado el 2 de Agosto de 2019, de </data/cont/media/www/pag-79266/El%20suelo%20vivo.pdf>:  
<https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-79266/El%20suelo%20vivo.pdf>
- Adolfo, A. (2009). Producción de Abono Orgánico Mediante la Crianza de Lombrices de Tierra. *Vet.*, 23(3), 23-27. Obtenido de <http://repebis.upch.edu.pe/articulos/rev.cienc.veter/v25n3/a7.pdf>
- Agency for toxic substences and disease registry. (21 de mayo de 2003). */up/37)cadmio.pdf*. Obtenido de <http://www.cvs.saude.sp.gov.br:>  
[http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/37\)cadmio.pdf](http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/37)cadmio.pdf)
- Aguirre Hernández, A. (2009). *El Manejo de la Conductividad electrica en Fertirriego*. Tesis de Grado, Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo. Recuperado el 28 de Julio de 2019, de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/344/1/Alberto%20Aguirre%20Hernandez.pdf>
- Alegre, M. (s.f.). *pequena.pdf. Guia para el manejo de residuos solidos en ciudades pequeñas y zonas rurales*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org:>  
[http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_rsm/e/fulltext/pequena.pdf](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/fulltext/pequena.pdf)
- Alvarado, C., Dasgupta Schubert, N., Ambriz, E., Sanchez Yañez, J., & Villegas, J. (Agosto de 2011). Hongos micorrízicos arbusculares y la fitorremediación de plomo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(4), 357 - 364. Recuperado el 25 de Julio de 2019, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v27n4/v27n4a8.pdf>
- Álvarez, C., & Rimski Korsakov, H. (2016). *Manejo de la Fertilidad del Suelo en Planteos Orgánicos*. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires: Editorial Facultad de

- Agronomía. Obtenido de /sites/default/files/libro\_fertilidad\_de\_suelos-pvo\_isbn.pdf:  
[http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/libro\\_fertilidad\\_de\\_suelos-pvo\\_isbn.pdf](http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf)
- Andina. (22 de Junio de 2014). *Andina*. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-inia-desarrolla-tecnologia-produccion-masiva-abono-organico-511345.aspx>
- Anónimo. (16 de julio de 2002). */p2-conductividad.pdf. Conductividad*. Obtenido de <http://www.uprm.edu>: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-conductividad.pdf>
- Anónimo. (03 de septiembre de 2008). *docs/18851/Capitulo2.pdf.Huevos de helminto*. Obtenido de <http://tesis.uson.mx/>: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/18851/Capitulo2.pdf>
- Ardavin, J., & Garcia, J. (2007). *nom-147-semarnat\_ssa1-2004.pdf. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Obtenido de <http://www.profepa.gob.mx>: [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1392/1/nom-147-semarnat\\_ssa1-2004.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1392/1/nom-147-semarnat_ssa1-2004.pdf)
- Asociacion Internacional de la Industria de los fertilizantes . (2002). <http://www.fao.org/>. Obtenido de /3/a-x4781s.pdf: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Badillo, F. (s.f.). *016750-plomo.pdf. Plomo*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org>: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/016750/016750-plomo.pdf>
- Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2014). *Importancia del pH y la Conductividad Electrica en los sustratos para plantas*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. Recuperado el 12 de Julio de 2019, de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_importancia\\_del\\_ph\\_y\\_la\\_conductividad\\_elctrica.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf)
- Barradas, A. (2009). *Barradas\_MONO\_2009\_01.pdf. Gestion integral de residuos solidos municipales*. Obtenido de <http://oa.upm.es>: [http://oa.upm.es/1922/1/Barradas\\_MONO\\_2009\\_01.pdf](http://oa.upm.es/1922/1/Barradas_MONO_2009_01.pdf)
- Bascones Merino, E. (s.f.). *Análisis de Suelo y Consejos de Abonado*. Obtenido de /laboratorio-regional/es/enlaces-documentos-interes.ficheros/601570-518266\_inea\_interpretacion\_suelos.pdf: [http://www.larioja.org/laboratorio-regional/es/enlaces-documentos-interes.ficheros/601570-518266\\_inea\\_interpretacion\\_suelos.pdf](http://www.larioja.org/laboratorio-regional/es/enlaces-documentos-interes.ficheros/601570-518266_inea_interpretacion_suelos.pdf)

regional/es/enlaces-documentos-interes.ficheros/601570-518266\_inea\_interpretacion\_suelos.pdf

- Bautista Ballen, G. (2009). *Evaluación en 3 Microambientes Diferentes de la Termorresistencia de una Cepa de Salmonella spp Aislada de Compost*. Tesis de Grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis235.pdf>
- Bozym, M. (2017). Heavy metal content in compost and earthworms from home composters. *De Gruyter*, 28(4), 1-4. Recuperado el 4 de September de 2019, de <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/oszn.2017.28.issue-4/oszn-2017-0022/oszn-2017-0022.pdf>
- Bravo, I., Arboleda, C., & Martin, F. (2014). Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio, en sistemas altoandinos en Colombia. *Acta Agronomica*, 63(2), 164-174. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169930904007>
- Brechelt, A. (Agosto de 2004). *Manejo Ecológico del Suelo* (Primera ed.). Republica Dominicana: Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina. Recuperado el 22 de Septiembre de 2019, de [http://bioinsumosagric.ucoz.com: http://bioinsumosagric.ucoz.com/\\_Id/0/90\\_Manejo\\_Ecologic.pdf](http://bioinsumosagric.ucoz.com: http://bioinsumosagric.ucoz.com/_Id/0/90_Manejo_Ecologic.pdf)
- Bueno Marquez, P., Diaz Blanco, M., & Cabrera Capitan, F. (2008). Factores que afectan al proceso de compostaje. 16. Obtenido de [/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf): <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Cakmak , I., & Yazici, A. (Julio de 2010). Optimización de la aplicación de enmiendas y fertilizantes. *Magnesio: El elemento olvidado en la producción de cultivos*(78), 16-19. Recuperado el 24 de Julio de 2019, de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/4A558B7BFD88DEA0852579A0006A1622/\\$FILE/Inf-Agro%2078%20web.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/4A558B7BFD88DEA0852579A0006A1622/$FILE/Inf-Agro%2078%20web.pdf)
- Callirgos Rodríguez, C. M. (2014). *Evaluación de la capacidad fitorremediadora de la especie Chrysopogon zizanioides mediante la incorporación de enmiendas en relaves mineros*.

Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Recuperado el 22 de Septiembre de 2019

Cámara Minera de México, International Lead Management Center, Industrias Peñoles, S.A. de C.V., Centro de Calidad Ambiental del Tecnológico de Monterrey. (2006). *Manual%20para%20el%20Manejo%20Ambientalmente%20Responsable%20del%20Plomo.pdf Manual para el manejo ambientalmente responsable del plomo*. Obtenido de <http://www.ilmc.org>: <http://www.ilmc.org/spanish/Manual%20para%20el%20Manejo%20Ambientalmente%20Responsable%20del%20Plomo.pdf>

Campos, M. C., Beltrán, M., Fuentes, N., & Moreno, G. (2018). Huevos de helmintos como indicadores de contaminación de origen fecal en aguas de riego agrícola, biosólidos, suelos y pastos. *Biomédica*, 38(1), 42 - 53. doi: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v38i0.3352>

Carraquero, A., Flores, I., Perozo, & Pernalet. (2006). Immobilization of lead by a vermicompost its effect on white bean (*Vigna Sinensis* var. Apure) uptake. *International Journal of Environment Science and Technology*, 3(3), 203-212. Recuperado el 4 de Septiembre de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/43562878\\_Immobilization\\_of\\_lead\\_by\\_a\\_vermicompost\\_and\\_its\\_effect\\_on\\_white\\_bean\\_Vigna\\_Sinensis\\_var\\_Apure\\_uptake](https://www.researchgate.net/publication/43562878_Immobilization_of_lead_by_a_vermicompost_and_its_effect_on_white_bean_Vigna_Sinensis_var_Apure_uptake)

Chen, Y., Chefetz, B., & Hadar, I. (1996). Formation and properties of humic substance originating from composts. En D. Springer, *Science of Composting* (págs. 382-393). doi:[https://doi.org/10.1007/978-94-009-1569-5\\_36](https://doi.org/10.1007/978-94-009-1569-5_36)

Compo Expert. (2014). Journal Nutrición Mineral, Importancia del Magnesio en la Producción de Cultivos. 3. Recuperado el 24 de Junio de 2019, de [https://www.compo-expert.com/fileadmin/user\\_upload/compo\\_expert/cl/documents/Journal\\_Mg\\_2014.pdf](https://www.compo-expert.com/fileadmin/user_upload/compo_expert/cl/documents/Journal_Mg_2014.pdf)

Cornejo, J. (03 de octubre de 2005). *Criterios de calidad de suelos y de aguas o efluentes tratados para uso en riego*. Obtenido de <http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/>: [http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_aguas/anexo\\_A/plomo.pdf](http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/anexo_A/plomo.pdf)

- Corso, M. L. (06 de marzo de 2014). Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y Cationes Básicos Intercambiables. Obtenido de [http://www.desertificacion.gob.ar/http://www.desertificacion.gob.ar/wp-content/uploads/2014/06/IV.2d\\_CIC\\_suelo.pdf](http://www.desertificacion.gob.ar/http://www.desertificacion.gob.ar/wp-content/uploads/2014/06/IV.2d_CIC_suelo.pdf)
- Cruz Campos, J., Álvarez Suárez, J., Soria Fregoso, M., & Candelaria Martínez, B. (2016). Producción de sustratos orgánicos para ornamentales a menor costo que los importados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(1), 44-49. Recuperado el 31 de Agosto de 2019, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542016000100008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542016000100008)
- De La Roza, D., Martínez Fernández, & Argamentaría Gutierrez. (2002). Determinación de Materia Seca en Patos y Forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. *PASTOS*, 32(1), 91-104. Recuperado el 25 de Junio de 2019, de <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1308/1312>
- Decisión (UE) 2015/2099 de la Comisión, de 18 de noviembre, por la que se establecen los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica de la UE a sustratos de cultivo, enmiendas del suelo y cubiertas del suelo. Diario Oficial de la Unión Europea, Bruselas, 18 de noviembre de 2015. Recuperado el 10 de Junio de 2019, de <https://www.boe.es/doue/2015/303/L00075-00100.pdf>
- Delgado, M. (2004). Humus de Lombriz: Caracterización y Valor Fertilizante. 13. Chile. Recuperado el 29 de Julio de 2019, de <http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/biblioteca/humus/CARAC%20Y%20VALOR%20FERTILIZANTE.pdf>
- Demagnet Filippi, R. (s.f.). *Producción de Materia Seca*. Universidad de La Frontera. Recuperado el 25 de Julio de 2019, de [http://www.praderasypasturas.com/files/menu/catedras/praderas\\_y\\_pasturas/2012/10-Produccion-de-Materia-Seca.pdf](http://www.praderasypasturas.com/files/menu/catedras/praderas_y_pasturas/2012/10-Produccion-de-Materia-Seca.pdf)
- Diario El Peruano. (18 de Enero de 2019). Normas Legales. *El Peruano*, págs. 5-6. Recuperado el 28 de Julio de 2019, de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/aprueban-el-documento-denominado-protocolos-de-muestreo-par-resolucion-ministerial-no-0007-2019-minagri-1732464-1>

- Díaz, E. (2002). *Guía de Lombricultura*. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior, La Rioja. Obtenido de /LIBROS/88761.pdf: <http://www.biblioteca.org.ar/LIBROS/88761.pdf>
- Durán, L., & Henríquez, C. (18 de Septiembre de 2006). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 31(1), 41 - 51. Recuperado el 21 de Agosto de 2019, de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6818/6505>
- Duruibe, J., Ogwuegbu, M., & Egwurugwu, J. (2007). *Contaminacion de Metales Pesados y Efectos Biotóxicos Humanos.pdf*. Obtenido de <http://www.cefce.com.ar/>: [http://www.cefce.com.ar/agrupacionamu/publicaciones/documentosvarios/mineria/Contaminacion\\_de\\_Metales\\_Pesados\\_y\\_Efectos\\_Biotoxicos\\_Humanos.pdf](http://www.cefce.com.ar/agrupacionamu/publicaciones/documentosvarios/mineria/Contaminacion_de_Metales_Pesados_y_Efectos_Biotoxicos_Humanos.pdf)
- Ecoplexity. (26 de Diciembre de 2007). */SoilNitrogenstudentinstMD\_final%2B.pdf. el nitrógeno del suelo*. Obtenido de <http://ecoplexity.org>: [http://www.ecoplexity.org/sites/www.ecoplexity.org/files/SoilNitrogenstudentinstMD\\_final%2B.pdf](http://www.ecoplexity.org/sites/www.ecoplexity.org/files/SoilNitrogenstudentinstMD_final%2B.pdf)
- Elika. (28 de febrero de 2013). *Elika. Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria*. Obtenido de [http://www.elika.eus/datos/pdfs\\_agrupados/Documento82/1.Salmonella.pdf](http://www.elika.eus/datos/pdfs_agrupados/Documento82/1.Salmonella.pdf)
- Evangelou, M., Dagham, H., & Schaeffer, A. (2004). The influence of humic acids on the phytoextraction of cadmium from soil. *Chemosphere*, 57(3), 207-213. doi:10.1016 / j.chemosphere.2004.06.017
- Fernández Zabal, M. (3 de noviembre de 2016). *Inventati*. Obtenido de <http://www.inventati.org/columnanegra/ecoagricultura/wordpress/wp-content/uploads/2010/10/Humus.pdf>
- Fukushima, M., Yamamoto, K., Ootsuka, K., Komai, T., Aramaki, T., Ueda, S., & Horiya, S. (31 de Enero de 2009). Effects of the maturity of wood waste compost on the structural features of humic acids. *Bioresource technology*, 100(2), 791. Recuperado el 30 de Agosto de 2019, de

[https://www.researchgate.net/publication/51430481\\_Effects\\_of\\_the\\_maturity\\_of\\_wood\\_waste\\_compost\\_on\\_the\\_structural\\_features\\_of\\_humic\\_acids](https://www.researchgate.net/publication/51430481_Effects_of_the_maturity_of_wood_waste_compost_on_the_structural_features_of_humic_acids)

Fundació TERRA. (2003). *Perspectiva Ambiental: Compostaje*. Obtenido de /bvsacd/cd30/pa29e.pdf: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd30/pa29e.pdf>

Fundacion Origen. (s.f.). *Lombricultura y Compostaje*. Escuela Agroecológica de Pirque, Pirque. Obtenido de /esp/wp-content/uploads/2011/05/Manual-de-Lombricultura-y-Compostaje.pdf: <http://fundacionorigenchile.org/esp/wp-content/uploads/2011/05/Manual-de-Lombricultura-y-Compostaje.pdf>

Galán Huertos, E., & Romero Baena, A. (Noviembre de 2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados. *Revista de la sociedad española de mineralogía*, 48-60. Recuperado el 10 de Setiembre de 2019, de [http://www.ehu.es/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)

Gamarra Lezcano, C. C., Díaz Lescano, M. I., Vera, D. M., Cabrera Cardús, A., & Galeano, M. D. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46), 23. doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.134>

García Acosta, J. L. (09 de Octubre de 2015). *Determinar el potencial de uso de la herramienta sondas de succión para seguimiento de un programa nutricional en palma de aceite (Elaeis guineensis)*. Tesis de grado, Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Villavicencio. Recuperado el 30 de Julio de 2019, de <http://edafologia.fcien.edu.uy:https://repositorio.unillanos.edu.co/jspui/bitstream/001/330/1/TESIS%20SONDAS%20ODE%20SUCCI%C3%93N%20-%20DOCUMENTO%20IMPRESION%20-%20JOSE%20LUIS%20GARCIA%20ACOSTA.%204%20PM.pdf>

García Vargas, D. (2006). *Efectos fisiológicos y compartimentación radicular en plantas de Zea maysL. expuestas a la toxicidad por plomo*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, Departamneto de biología animal, biología vegetal y ecología, Barcelona. Recuperado el 25 de Julio de 2019, de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/3676/dgv1de1.pdf?sequence=1>

- García, C., Moreno, J., Hernández, M., & Polo, A. (2002). *Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo*. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/111812/1/Metales%20pesados%20y376.pdf>
- Gómez Palacios, J. M., & Estrada de Luis, I. B. (21 de ABRIL de 2005). *Índices de calidad de suelos y compost desde la perspectiva agoecológica*. Biomasa Peninsular S.A., Sevilla. Recuperado el 27 de septiembre de 2016, de <http://www.bpeninsular.com>: [http://www.bpeninsular.com/pdfs/Ponencia\\_ISR\\_Sevilla.pdf](http://www.bpeninsular.com/pdfs/Ponencia_ISR_Sevilla.pdf)
- Gómez Rosales , S., Espinoza García , J., González Orozco, T., & Salazar Gutiérrez, G. (Diciembre de 2007). Alternativas para el reciclaje de excretas animales: Producción de Humus de Lombriz. (4). Ajuchitlan Colon, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Recuperado el 25 de Junio de 2019, de <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3628/3111%20produc%20de%20humus%20de%20lombriz.pdf?sequence=1>
- Gonzales Huiman, F. (1 de Enero de 2011). *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 2 de Agosto de 2019, de <http://fgonzalesh.blogspot.pe/2011/01/contaminacion-por-fertilizantes-un.html>
- Gonzales Tomalá, N. E. (2015). *Aplicación Foliar de dos fuentes de potasio bajo tres concentraciones en el cultivo de arroz (Oriza sativa L.)*. Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado el 22 de Septiembre de 2019, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8638/1/Gonzales%20Tomal%c3%a1%20Natasha%20Eloisa.pdf>
- Gonzales, A. (2010). *Determinación y validación de cadmio total e intercambiable en algunos suelos cacaoteros del departamento de Santander*. Bucaramanga. Obtenido de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/387/2/134703.pdf>
- Guillen Hernandez, S., Vidal Martinez, V., Aguirre Macedo, M., & Rodriguez Canul, R. (2011). Helminths. En *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (págs. 209 - 212). Yucatán. Recuperado el 2 de Agosto de 2019, de [/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap4/22%20Helminths.pdf](http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap4/22%20Helminths.pdf): <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap4/22%20Helminths.pdf>



- Guo, X.-x., Liu, H.-t., & Wu, S.-b. (20 de Abril de 2019). Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. *Science of the total environment*, 662, 501-510. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.137>
- Herrera Marcano, T. (s.f.). *La contaminación con cadmio en suelos agrícolas*. Universidad Central de Venezuela, Maracay. Obtenido de [https://www.academia.edu/https://www.academia.edu/7195023/LA\\_CONTAMINACION\\_CON\\_CADMIUM\\_EN\\_SUELOS\\_AGRICOLAS\\_Cadmium\\_contamination\\_in\\_agricultural\\_soils?auto=download](https://www.academia.edu/https://www.academia.edu/7195023/LA_CONTAMINACION_CON_CADMIUM_EN_SUELOS_AGRICOLAS_Cadmium_contamination_in_agricultural_soils?auto=download)
- Hirzel Campos, J., & Salazar Sperberg, F. (2016). *Guía de manejo y buenas prácticas de aplicación de enmiendas orgánicas en agricultura*. Boletín INIA N° 325, Instituto de Investigación Agropecuarias, Chillán-Chile. Recuperado el 25 de Junio de 2019, de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40478.pdf>
- Imas, P. (03 de febrero de 2005). *El potasio: Nutriente esencial para aumentar el rendimiento y la calidad de las cosechas*. ICL Fertilizers. Recuperado el 2 de Agosto de 2019, de [http://www.iclfertilizers.com/.Potasio nutriente esencial para aumentar el rendimiento y la calidad de las cosechas](http://www.iclfertilizers.com/.Potasio_nutriente_esencial_para_aumentar_el_rendimiento_y_la_calidad_de_las_cosechas): [http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/El\\_potasio,\\_un\\_nutriente\\_esencial.pdf](http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/El_potasio,_un_nutriente_esencial.pdf)
- Informaciones Agronómicas. (22 de febrero de 2001). *Funciones del fósforo en plantas*(36), 9 - 10. Obtenido de [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf.funciones del fosforo en las plantas](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf.funciones_del_fosforo_en_las_plantas): [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/7EFD356D05AA06EA05256A31007595F9/\\$file/Funciones+del+F%C3%B3sforo.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/7EFD356D05AA06EA05256A31007595F9/$file/Funciones+del+F%C3%B3sforo.pdf)
- Inofuentes Uzquiano, J. (28 de Enero de 2013). *es.slideshare.net*. Recuperado el 30 de Agosto de 2019, de SlideShare: <https://es.slideshare.net/silvesterperez24/acidos-humicos-y-fulvicos-en-la-fertilizacion-organica>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (2003). *Taller de Abonos Orgánicos*. Sabánilla, Costa Rica. Recuperado el 12 de Julio de 2019, de <https://books.google.com.pe/books?id=HtUOAQAIAAJ&pg=RA3->

PA15&lpg=RA3-

PA15&dq=Los+%C3%A1cidos+h%C3%BAmicos+y+f%C3%BAlvicos+son+compuestos+org%C3%A1nicos+no+muy+bien+definidos+qu%C3%ADmicamente,+que+constituyen+la+parte+mas+elaborada+de+la+materia+org%C3%A

Instituto Nacional de Normalización (INN). (2003). *NCh2880 Norma de Compost-Clasificación y Requisitos*. Santiago, Chile. Recuperado el 12 de Julio de 2019, de <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>

Islam, Hasan, Rahman, Uddin, & Kabir. (2016). Comparison between Vermicompost and Conventional Aerobic Compost Produced from Municipal Organic Solid Waste Used in *Amaranthus viridis* Production. *Journal Environmental Science & Natural Resources*, 9(2), 43-49. Recuperado el 3 de Septiembre de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/322626761\\_Comparison\\_between\\_Vermicompost\\_and\\_Conventional\\_Aerobic\\_Compost\\_Produced\\_from\\_Municipal\\_Organic\\_Solid\\_Waste\\_Used\\_in\\_Amaranthus\\_viridis\\_Production](https://www.researchgate.net/publication/322626761_Comparison_between_Vermicompost_and_Conventional_Aerobic_Compost_Produced_from_Municipal_Organic_Solid_Waste_Used_in_Amaranthus_viridis_Production)

Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co>: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>

Juana, L. (2012). Avances en el Conocimiento de la Dinámica de la Materia Orgánica dentro de un Contexto Agroecológico. *Agroecología*, 7(1), 91-108. Obtenido de <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/171051/146251>

Julca Otiniano, A., Meneses Florian, L., Blas Sevillano, R., & Bello Amez, S. (2006). La Materia Orgánica, Importancia y Experiencias de su Uso en la Agricultura. *IDESIA (Chile)*, 24(1), 49-61. Obtenido de <http://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Julca-et-al-2006.pdf>

Kalil Perdomo, S. P. (12 de febrero de 2007). *Seguimiento del proceso de humificación e compost inoculado*. Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Bogotá. Recuperado el 2 de Agosto de 2019, de [repository.javeriana.edu.co](http://repository.javeriana.edu.co): <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8314/tesis288.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kleawklaharn, N., & Boonthai Iwai, C. (2014). Effect of Storage Duration in the Quality of Vermicompost. *International Journal of Environmental and Rural Development*, 5(2),

116-120. Recuperado el 2 de Septiembre de 2019, de <http://iserd.net/ijerd52/IJERD%205-2-22.pdf>

Kumar, A., Gupta, & Kumar, S. (30 de Junio de 2017). Variation in organic carbon content and carbon nitrogen ratio in vermicompost as affected by substrate straw. *Forage Research*, 43(1), 46 - 49. Recuperado el 17 de Agosto de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/318035456\\_VARIATION\\_IN\\_ORGANIC\\_CARBON\\_CONTENT\\_AND\\_CARBON\\_NITROGEN\\_RATIO\\_IN\\_VERMICOMPOST\\_AS\\_AFFECTED\\_BY\\_SUBSTRATE\\_STRAW](https://www.researchgate.net/publication/318035456_VARIATION_IN_ORGANIC_CARBON_CONTENT_AND_CARBON_NITROGEN_RATIO_IN_VERMICOMPOST_AS_AFFECTED_BY_SUBSTRATE_STRAW)

Lakshmi Prabha, Nagalakshmi, & Shanmuga Priya. (2015). Analysis of nutrient contents in vermicompost. *European Journal of Molecular Biology and Biochemistry*, 2(1), 42-48. Recuperado el 31 de Agosto de 2019, de <http://mcmed.us/downloads/1414678933.pdf>

López Martínez, M., Canet Castello, R., Huerta Pujol, Ó., Gea Leiva, M., Pérez Murcia, M., & Martínez Farré, X. (2014). *De Residuo a Recurso, El Camino hacia la Sostenibilidad. III Recursos orgánicos: Aspectos agronómicos y medioambientales. (3) Valorización de la fracción orgánica de residuos municipales: Materia prima, proceso y producto* (Vol. III). Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa. Recuperado el 20 de Julio de 2019, de <https://books.google.com.pe/books?id=RhhNBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

López, R., & Mickelbart, M. (s.f.). Commercial Greenhouse and Nursery Production. *Alkalinity Management in Soilless Substrates*, 5. Recuperado el 17 de Agosto de 2019, de <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ho/ho-242-w.pdf>

Mahavishnan, Gurumurthy, Bindumadhava, Navin, S., Ambika, U., & Priya, V. (2014). Fulvic Acid (FA) for Enhanced Nutrient Uptake and Growth: Insights from Biochemical and Genomic Studies. *Journal of Crop Improvement*, 28(6), 740-757. doi:<https://doi.org/10.1080/15427528.2014.923084>

Martínez, E., Fuentes, J. P., & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>

Meléndez, G. (7 de octubre de 2014). *Centro de Investigación Agrónomica*. Recuperado el 2 de agosto de 2019, de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/LSF/20130520/Info%20pH.pdf>

- Méndez Morales, F. (2010). *Viabilidad del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en la municipalidad de Garabito usando la lombriz roja californiana (Eisenia foetida)*. Tesis de Grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Agropecuaria, Cartago. Obtenido de [http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2608/Informe\\_Final.pdf?sequence=1](http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2608/Informe_Final.pdf?sequence=1)
- Milanés Figueredo, M., Rodríguez Gonzáles, H., Ramos Gálvez, R., & Rivera Amita, M. M. (2005). Efectos del compost vegetal y humus de lombriz en la producción sostenible de capítulos florales en *Calendula officinalis* L. y *Matricaria recutita* L.. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 10(1). Recuperado el 6 de Junio de 2019, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962005000100008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962005000100008)
- Milian Gay, L. (2015). *Influencia de la materia orgánica del suelo en el secuestro de carbono. Biochar, una estrategia potencial*. Tesis de Grado, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Recuperado el 29 de Agosto de 2019, de <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/LAURA%20MILIAN%20GAY.pdf>
- Mogollón, J., Martínez, A., & Torres, D. (2016). *Uso de Vermicompost para la Biorremediación de Suelos Salino - Sódicos* (Primera ed.). Editorial Académica Española. Recuperado el 21 de Agosto de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/303495490\\_Uso\\_de\\_Vermicompost\\_para\\_la\\_Biorremediacion\\_de\\_Suelos\\_Salino-Sodicos-ISBN-978-3-8417-6358-7](https://www.researchgate.net/publication/303495490_Uso_de_Vermicompost_para_la_Biorremediacion_de_Suelos_Salino-Sodicos-ISBN-978-3-8417-6358-7)
- Molina, E. (2002). Fuentes de fertilizantes foliares. En G. Meléndez, & E. Molina (Edits.), *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones* (pág. 145). Costa Rica. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>
- Monge, Val, Sanz, Blanco, & Montañez. (28 de Octubre de 1994). El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. *Anales de la Estación Experimental del Aula Dei*, 21(3), 189 - 201. Recuperado el 2 de Agosto de 2019, de [http://digital.csic.es/El calcio nutriente para las plantas: http://digital.csic.es/bitstream/10261/4247/1/analesv.21n.3-1995-pp189.pdf](http://digital.csic.es/El%20calcio%20nutriente%20para%20las%20plantas%3A%20http%3A%2F%2Fdigital.csic.es%2Fbitstream%2F10261%2F4247%2F1%2Fanalesv.21n.3-1995-pp189.pdf)

- Monitoreo metales suelos 2001-2009.pdf* Programa de Monitoreo de Suelos en Asentamientos Precarios de Montevideo. (2003). Obtenido de <http://www.montevideo.gub.uy>: [http://www.montevideo.gub.uy/sites/default/files/monitoreo\\_metales\\_suelos\\_2001-2009.pdf](http://www.montevideo.gub.uy/sites/default/files/monitoreo_metales_suelos_2001-2009.pdf)
- Morin Zaragoza, N. (2012). *Análisis comparativo de la composición en nutrientes de la composta y lombricomposta de plátano*. Tesis de pregrado, Universidad Veracruzana, Veracruz, Mexico. Obtenido de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31114/1/MorinZaragoza.pdf>
- Mupondi, L., Mnkeni, P., & Muchaonyerwa, P. (Abril de 2010). Effects of a precomposting step on the vermicomposting of dairy manure-waste paper mixtures. *SAGE Journals*, 29(2), 219-228. doi:<https://doi.org/10.1177/0734242X10363142>
- Nagavallema, Wani, S., Lacroix, S., Padmaja, Vineela, C., Rao, M., & Sahrawat, K. (2004). *Vermicompostaje: Reciclaje de desechos en fertilizantes orgánicos valiosos. Tema global sobre agrosistemas*. Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para los Trópicos Semiáridos, Andhra Pradesh, India. Recuperado el 20 de Julio de 2019, de <http://oar.icrisat.org/3677/1/172-2004.pdf>
- Nelson, N., & Janke, R. (2007). Phosphorous Sources and Management in Organic Production Systems. *Hort Technology hortte*, 17(2), 442-454. doi:<https://doi.org/10.21273/HORTTECH.17.4.442>
- NMX-FF-109-SCFI-2008. (10 de junio de 2008). *nmx-ff-109-scfi-2008.pdf*. *Humus de lombriz (Lombricomposta) Especificaciones y Metodos de prueba*. Recuperado el 12 de septiembre de 2016, de <http://www.ecotec2000.de/>: <http://www.ecotec2000.de/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf>
- Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006, de 14 de septiembre, que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos. *Periodico Oficial del Gobierno del Estado*, Toluca de Lerdo, 9 de octubre del 2006, núm. 71, p. 64. Recuperado el 27 de Junio de 2019, de [https://sma.edomex.gob.mx/sites/sma.edomex.gob.mx/files/files/sma\\_pdf\\_ntea\\_006\\_sma\\_rs\\_2006.pdf](https://sma.edomex.gob.mx/sites/sma.edomex.gob.mx/files/files/sma_pdf_ntea_006_sma_rs_2006.pdf)

- Nuesca, M., Lee, S., Trappe, L., & Holmer, R. (2007). Effect of vermicomposting on the presence of helminth ova (*Necator americanus*, *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*) in human faeces. *International Conference on Sustainable Sanitation*. Dongsheng, China. doi:10.13140 / 2.1.1550.1609
- Ñaccha & Aguilar (2015). *Determinación cuantitativa de plomo, cadmio y arsénico en hígado de ganado bovino expendido en el mercado Ciudad de Dios- San Juan de Miraflores, durante el periodo mayo-agosto 2015*. Tesis de grado, Universidad Inca Garcilazo de la Vega, Lima. Recuperado el 22 de Septiembre de 2019, de [http://www.innovita.com/Metales\\_pesados:  
http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1233/TESIS%20JOS%203%20LUIS%20ACCHA%20CUBA\\_%26\\_WILSON%20VIDAL%20AGUILAR%20ZUMAETA.pdf?isAllowed=y&sequence=3](http://www.innovita.com/Metales_pesados:http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1233/TESIS%20JOS%203%20LUIS%20ACCHA%20CUBA_%26_WILSON%20VIDAL%20AGUILAR%20ZUMAETA.pdf?isAllowed=y&sequence=3)
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (19 de febrero de 2015). *Prevención de la E. coli en los alimentos*. Marco de Gestión ed Crisis para la Cadena Alimentaria (FCC). Recuperado el 2 de Agosto de 2019, de [http://www.fao.org/Escherichia coli/3/a-i2530s/i2530s03.pdf](http://www.fao.org/Escherichia_coli/3/a-i2530s/i2530s03.pdf):  
[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/agns/pdf/Preventing\\_Ecoli\\_es.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/Preventing_Ecoli_es.pdf)
- Organización Mundial de la Salud. (23 de Mayo de 2018). *Intoxicación por plomo y salud*. Recuperado el 25 de Julio de 2019, de World Health Organization: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Organización Mundial de la Salud. (7 de Febrero de 2018). *E. coli*. Recuperado el 25 de Julio de 2019, de World Health Organization: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
- Organización Mundial de la Salud. (14 de Marzo de 2019). *Helminthiasis transmitidas por el suelo*. Recuperado el 25 de Julio de 2019, de World Health Organization: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/soil-transmitted-helminth-infections>
- Ortega, A. E., & Malavolta, E. (Septiembre de 2012). *Los más recientes micronutrientes vegetales*. Recuperado el 25 de Junio de 2019, de [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/232B901BB70122F985257A80005228D7/\\$FILE/16.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/232B901BB70122F985257A80005228D7/$FILE/16.pdf)

- Ortiz Cano, Trejo Calzada, Valdez Cepeda, Arreola Avila, Flores Hernández, & Lopez Ariza. (21 de Julio de 2009). v15n2a9. Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (*Amaranthus hybridus* L.) y micorrizas. *Chapingo Serie Horticultura*, 15(2), 161 - 168. Recuperado el 2 de Agosto de 2019, de <http://www.scielo.org.mx>: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v15n2/v15n2a9.pdf>
- Orus Pueyo, Betran Aso, Iguacel Soterias, & Lopez Sanchez. (2011). *Fertilización con subproductos orgánicos (Hacia una gestión sostenible de los nutrientes en la agricultura)*. Departamento de Agricultura Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de Aragón. Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario.
- Palacio, J., & Estrada, I. (Octubre de 2005). *Índices de Calidad de Suelos y Compost desde la Perspectiva Agroecológica*. Biomasa Peninsular S.A., Sevilla. Recuperado el 22 de septiembre de 2016, de <http://www.bpeninsular.com/>: [http://www.bpeninsular.com/pdfs/Ponencia\\_ISR\\_Sevilla.pdf](http://www.bpeninsular.com/pdfs/Ponencia_ISR_Sevilla.pdf)
- Pasqualoto Canellas, L., Lopes Olivares, F., Okorokova Façanha, A., & Rocha Façanha, A. (Diciembre de 2002). Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H<sup>+</sup> - ATPase Activity in Maize Roots. *Plant Physiology*, 130(4), 1951-1957. Recuperado el 30 de Agosto de 2019, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC166705/>
- Peruecológico. (26 de diciembre de 2007). *SoilNitrogenstudentinstMD\_final%2B.pdf. La materia orgánica del suelo*. Obtenido de <http://www.peruecológico.com.pe>: [http://www.ecoplexity.org/sites/www.ecoplexity.org/files/SoilNitrogenstudentinstMD\\_final%2B.pdf](http://www.ecoplexity.org/sites/www.ecoplexity.org/files/SoilNitrogenstudentinstMD_final%2B.pdf)
- Pireh, P., Yadavi, A., & Balouchi, H. (2017). Effect of cadmium chloride on soybean in presence of arbuscular mycorrhiza and vermicompost. *Legume Research*, 40(1), 63-68. Recuperado el 4 de Septiembre de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/309272799\\_Effect\\_of\\_cadmium\\_chloride\\_on\\_soybean\\_in\\_presence\\_ofarbuscular\\_mycorrhiza\\_and\\_vermicompost](https://www.researchgate.net/publication/309272799_Effect_of_cadmium_chloride_on_soybean_in_presence_ofarbuscular_mycorrhiza_and_vermicompost)
- Prieto, J., Gonzales, C., Roman, A., & Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>

- PROMIX. (5 de Octubre de 2018). La función del sodio y del cloruro en el cultivo de plantas. Recuperado el 25 de Junio de 2019, de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-sodio-y-del-cloruro-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Ramírez, A. (2002). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 63(1), 51- 64. Obtenido de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63\\_n1/pdf/toxicologia\\_cadmio.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63_n1/pdf/toxicologia_cadmio.pdf)
- Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, 10 de julio del 2013, núm. 164, p. 63. Recuperado el 11 de Junio de 2019, de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-7540-consolidado.pdf>
- Reines Álvarez, M., Rodríguez Aragonés, C., Sierra Padiz, A., & Vásquez, M. (1998). *Lombrices de tierra con valor comercial. Biología y técnicas de cultivo*. México. Recuperado el 19 de Julio de 2019, de <https://books.google.com.pe/books?id=xkFMHsqQqVYC&printsec=frontcover&dq=http+importancia+de+la+humedad+en+el+humus+de+lombriz&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiF-6OBnMLjAhUQyFkKHZ5CBvsQ6AEIPzAE#v=onepage&q&f=false>
- Repetto, M. (1995). *Toxicología avanzada*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A. Recuperado el 24 de Julio de 2019, de <https://books.google.com.pe/books?id=opad2FFk9g0C&pg=PA396&dq=toxicidad+de+cadmio+en+plantas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjCj6KnqM7jAhWKmlkKHRE RAAwQ6AEIKDAA#v=onepage&q=toxicidad%20de%20cadmio%20en%20plantas&f=false>
- Revista Noticias Aliadas. (Agosto de 2013). Persiste degradación ambiental. *Noticias Aliadas*, 50(4), 32. Recuperado el 12 de Julio de 2019, de [https://issuu.com/comunicacionesaliadas/docs/rev\\_ago\\_set\\_na](https://issuu.com/comunicacionesaliadas/docs/rev_ago_set_na)
- Reyes, M., & Avendaño, G. (12 de Abril de 2013). Estudio ambiental sobre el riesgo ecológico que representa el plomo presente en el suelo. *EAN(72)*, 66-75. Recuperado el 10 de Julio de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n72/n72a05.pdf>
- Reyes, M., & Barreto, L. (2011). Efecto de la materia orgánica del suelo en la retención de contaminantes. *Epsilon(16)*, 31-45. Obtenido de <http://revistas.lasalle.edu.co:8080/revistas.lasalle.edu.co/index.php/ep/article/view/426/349>



- Ríos, O., & Rivera, P. (1993). *Folia5\_articulo3.pdf. Humus de Lombricultura Proveniente de Diferentes Insumos Organicos y su Efecto en el Rendimiento de Pepino un Ultisol Degradado de Pucallpa.* Obtenido de <http://www.iiap.org.pe:> [http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/Folia5\\_articulo3.pdf](http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/Folia5_articulo3.pdf)
- Ríos, Y. (2010). *Importancia de las lombrices en la agricultura.* Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Obtenido de [http://www.rapaluruaguay.org/organicos/Importancia\\_lombrices\\_agricultura.pdf](http://www.rapaluruaguay.org/organicos/Importancia_lombrices_agricultura.pdf)
- Robertson, J. (1936). The function of the calciferous glands of earthworms. *Journal of experimental biology*, 13, 279-297. Recuperado el 31 de Agosto de 2019, de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.517.7056&rep=rep1&type=pdf>
- Rodríguez Alfaro, M., Muniz Ugarte, O., Rodríguez Alfaro, O., Calero, B., Montero, A., Rodríguez, F., . . . Mercedes, M. (28 de junio de 2012). *v33n2/ctr01212.pdf.* Obtenido de <http://scielo.sld.cu>.CONTENIDO DE METALES PESADOS EN ABONOS ORGÁNICOS,SUSTRATOS Y PLANTAS CULTIVADAS EN ORGANOPONICOS: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v33n2/ctr01212.pdf>
- Rodríguez, A. R. (1997). Producción y Calidad de Abono Orgánico por Medio de la Lombriz Roja. Recuperado el 25 de Julio de 2019, de <http://www.fao.org>. Produccion y calidad de abono organico por medio de la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*) y su capacidad reproductiva.: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/agrotech/936/Producci%C3%B3n%20y%20Calidad%20de%20Abono.pdf>
- Rodríguez, F. (2005). *Lombricultura para pequeños emprendedores.* La Quimera. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?id=F00Ky06O2qwC&pg=PA3&lpg=PA3&dq=capacidad+de+api%C3%B1amiento&source=bl&ots=PaiiACORG1&sig=MDsnlnsU59goXerRFay57YTezs&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=capacidad%20de%20api%C3%B1amiento&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=F00Ky06O2qwC&pg=PA3&lpg=PA3&dq=capacidad+de+api%C3%B1amiento&source=bl&ots=PaiiACORG1&sig=MDsnlnsU59goXerRFay57YTezs&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=capacidad%20de%20api%C3%B1amiento&f=false)
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en America Latina.* Organizacion de las Naciones Unidas para la

- Alimentación y la Agricultura FAO, Santiago de Chile. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Ruiz, A. (2005). *formulacion.pdf. Guia Tecnica para la Formulación de Planes de Minimización de Residuos Sólidos y Recolección Segregada en el Nivel Municipal*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com>: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/formulacion.pdf>
- Sabroso Gonzales , & Pastor Eixarch, A. (2004). *Guia sobre suelos contaminados*. Zaragoza. Obtenido de <http://www.conectapyme.com>: [http://www.conectapyme.com/files/medio/guia\\_suelos\\_contaminados.pdf](http://www.conectapyme.com/files/medio/guia_suelos_contaminados.pdf)
- Sagastume Estrada, E. E. (2015). *Evaluación de Lombricompost de Coqueta Roja ( Eisenia foetida ) en la Producción de Chile; la Fragua Zacapa*. Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar , Zacapa. Recuperado el 21 de Julio de 2019, de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/09/Sagastume-Erick.pdf>
- Salgado Garcia, S., Palma Lopez , D., Nuñez Escobar, R., Lagenes Espinoza, L., Debernardi De la Vequia, H., & Mendoza Hernandez, R. (Noviembre de 2006). *Fertilizantes y abonos organicos. Manejo de fertilizantes y abonos organicos*. Obtenido de <http://www.readbag.com/>: <http://www.readbag.com/cardenas-gob-mx-secciones-ciencia-agricola-fertilizantes-y-abonos-organicos-fertilizantesyabonosorganicos>
- Sancha, A. (2005). *Criterios de calidad de aguas o efluentes tratados para uso en riego*. Universidad de Chile. Recuperado el 24 de Septiembre de 2019, de [http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_aguas/informe\\_final.pdf](http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/informe_final.pdf)
- Sanchez Romero, A. (2008). *Elaboración, Caracterización, y Comparación de Abonos Orgánico a Base de Equinaza y Bovinaza*. Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. Obtenido de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/317/2/125443.pdf>
- Serrano, R., Casa, M. d., Puertas, R., Río, D., & Sandalio. (Septiembre de 2008). Toxicidad del Cadmio en Plantas. *Ecosistemas*, 17(3), 139 - 146. Recuperado el 25 de Julio de 2019, de <https://core.ac.uk/download/pdf/16362081.pdf>

- Sierra, C., & Rojas, C. (2000). <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29542.pdf>:  
<http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29542.pdf>
- Sifuentes Yague, J. L. (1987). *La crianza de la lombriz roja*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. Recuperado el 2 de Agosto de 2019, de [/zootecniaygestion/img/pictorex/19\\_11\\_35\\_la\\_crianza\\_de\\_la\\_lombriz\\_roja.pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/19_11_35_la_crianza_de_la_lombriz_roja.pdf):  
[http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/19\\_11\\_35\\_la\\_crianza\\_de\\_la\\_lombriz\\_roja.pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/19_11_35_la_crianza_de_la_lombriz_roja.pdf)
- Singh, P. K., & Tewari, R. K. (Febrero de 2003). Cadmium toxicity induced changes in plant water relations and oxidative metabolism of *Brassica juncea* L. plants. *Journal of Environmental Biology*, 24(1), 107 - 112 . Recuperado el 25 de Julio de 2019, de [file:///C:/Users/GABRIELA/Downloads/CCF11042014\\_0000%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/GABRIELA/Downloads/CCF11042014_0000%20(1).pdf)
- Singh, R., & Kalamdhad, A. (September de 2016). Transformation of nutrients and heavy metals during vermicomposting of the invasive green weed *Salvinia natans* using *Eisenia fetida*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5(3), 205-220. Recuperado el 4 de Septiembre de 2019, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s40093-016-0129-3>
- Sinha, R., Agarwal, S., Chauhan, K., & Valani, D. (30 de Junio de 2010). The wonders of earthworms & its vermicompost in farm production: Charles Darwin's "friends of farmers", with potential to replace destructive chemical fertilizers from agriculture. *Agricultural Sciences*, 1(2), 76-94. Recuperado el 21 de Julio de 2019, de [file:///C:/Users/GABRIELA/Downloads/The\\_wonders\\_of\\_earthworms\\_its\\_vermicompost\\_in\\_farm.pdf](file:///C:/Users/GABRIELA/Downloads/The_wonders_of_earthworms_its_vermicompost_in_farm.pdf)
- Sinha, Rajiv, Herat, Sunil, Valani, Dalsukhbhai, . . . Krunalkumar. (2009). Earthworms Vermicompost: A Powerful Crop Nutrient over the Convencional Compost & Protective Soil Conditioner against the Destructive Chemical Fertilizers for Food Safety and Security. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 5, 01-55. Recuperado el 31 de Agosto de 2019, de [https://research-repository.griffith.edu.au/bitstream/handle/10072/30336/62923\\_1.pdf](https://research-repository.griffith.edu.au/bitstream/handle/10072/30336/62923_1.pdf)

- SISACOP. (12 de julio de 2007). */lombricultura.pdf.Lombricultura* . Recuperado el 15 de septiembre de 2016, de <http://www.sagarpa.gob.mx/http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/documents/fichasaapt/lombricultura.pdf>
- Soobhany, N. (2018). Preliminary evaluation of pathogenic bacteria loading on organic Municipal Soil Waste compost and vermicompost. *Journal of Environmental Management*, 206, 763-767. Recuperado el 6 de Septiembre de 2019, de <http://iranarze.ir/wp-content/uploads/2018/06/347-English-IranArze.pdf>
- Summers Rivero, P. (s.f.). Importancia del Magnesio y el Azufre en una Fertilización Equilibrada. 2-3. Argentina. Recuperado el 24 de Junio de 2019, de <http://www.traderargentina.com.ar/Papa.pdf>
- TETRA Technologies. (2004). <http://www.tetrachemicals.com/>. Obtenido de [/getFile.asp?File\\_Content\\_ID=963](http://www.tetrachemicals.com/getFile.asp?File_Content_ID=963): [http://www.tetrachemicals.com/getFile.asp?File\\_Content\\_ID=963](http://www.tetrachemicals.com/getFile.asp?File_Content_ID=963)
- Torres Flores, I., Ticante , A., Calderon , E., & Marin, M. (s.f.). [http://web.uaemex.mx/Red\\_Ambientales/docs/memorias/Extenso/TA/EC/TAC-06.pdf](http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/TA/EC/TAC-06.pdf): Obtenido de [/Red\\_Ambientales/docs/memorias/Extenso/TA/EC/TAC-06.pdf](http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/TA/EC/TAC-06.pdf): [http://web.uaemex.mx/Red\\_Ambientales/docs/memorias/Extenso/TA/EC/TAC-06.pdf](http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/TA/EC/TAC-06.pdf)
- Universidad en el Campo. (2011). <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>: Obtenido de [/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf): <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
- Vargas Machuca, R., Romero Taboada, E., & Fernández Gómez, M. (2014). *Residuos a recursos. El Camino hacia la Sostenibilidad. III Recursos orgánicos: Aspectos agronómicos y mediambientales. (5) Vermicompostaje: Procesos, productos y aplicaciones* (Vol. III). Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa. Recuperado el 20 de Julio de 2019, de <https://books.google.com.pe/books?id=AhpNBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Vásquez Vásquez, P. E. (2013). *Uso en la Agricultura de Sustancias Húmicas*. Tesis de grado, Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo. Recuperado el 21 de Julio de 2019, de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/416/1/Pedro%20Elias%20Vazquez%20Vazquez.pdf>

- Vasquez, J., & Loli, O. (5 de Febrero de 2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 43-52. Recuperado el 24 de Julio de 2019, de <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n1/a05v9n1.pdf>
- Williams, P., Roberts, P., Avery, L., Killham, K., & Jones, D. (October de 2006). Earthworms as vectors of *Escherichia coli* 0157:H7 in soil and vermicompost. *FEMS Microbiology Ecology*, 58(1), 54-64. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2006.00142.x>
- Yadav, J., & Gupta. (1 de Enero de 2017). Dynamics of nutrient profile during vermicomposting. *Ecology, Environment and Conservation*, 23(1), 516-521. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/317820188\\_Dynamics\\_of\\_nutrient\\_profile\\_during\\_vermicomposting](https://www.researchgate.net/publication/317820188_Dynamics_of_nutrient_profile_during_vermicomposting)

## VII. ANEXOS

ANEXO 1. Cuestionario realizado a José Miguel Guarniz, productor de humus de lombriz en el distrito de Santa.

### CUESTIONARIO DEL PRODUCTOR

1. ¿Por qué decidió dedicarse a la producción de humus?

- Debido a que antes tenía aproximadamente 20 ganados vacunos y me dedicaba a la producción leche sin embargo actualmente no es muy rentable y con apoyo de una ONG me orientaron en la producción de humus y actualmente solo me dedico a esta labor.

2. ¿Qué tipo de lombriz utiliza para la elaboración del humus?

- a) Roja Californiana (*Eisenia foetida*)
- b) Roja africana (*Eudrilus eugeniae*)
- c) Roja de Taiwan (*Perionyx excavatus*)
- d) Roja nocturna (*Lomricus rabellus*)

3. ¿Cuál es el tipo de estiércol que utiliza para su producto “humus de lombriz”?

- a) Estiércol vacuno
- b) Estiércol de porcino
- c) Estiércol de equinos
- d) Estiércol de ovinos
- e) Estiércol de caprinos

4. ¿Qué otro tipo de materia orgánica utiliza?

a) Cachaza de caña de azúcar

b) Rastrojo de maíz

c) Aserrín de madera

d) Hojas de camote

e) otros

5. ¿Quiénes son sus mayores compradores de el humus que produce?

- Actualmente todas las personas que viven alrededor de mi predio y empresas dedicados a la producción agrícola.

6. Respecto al tiempo de maduración de su producto “humus de lombriz” ¿Cuál es la fecha de inicio y termino de la elaboración de su lote?

- Aproximadamente el proceso dura 3 meses

7. ¿Posee Ud. algún registro que asegure la trazabilidad de su producto?

- No debido a que la producción aun es pequeña.

8. ¿Qué datos considera para el etiquetado de su producto?

Nombre y marca (si lo tuviera), nombre y dirección del empacador, país de origen (lugar), grado de clasificación (extra, primera segunda), fecha de empaque, código o número de lote.

- Ninguno, ya que no cuento con ningún etiquetado

9. De acuerdo con la clasificación por tamaño de las partículas y obtener uniformidad en el producto ¿Usted utiliza algún tipo de tamices para optimizar la calidad? ¿Cuál es la medida de la abertura de la malla que utiliza?

- No utilizo ningún tamiz



ANEXO 2. Cuestionario realizado a Orlando Correa, productor de humus de lombriz en Tangay Medio.

### CUESTIONARIO DEL PRODUCTOR

1. ¿Por qué decidió dedicarse a la producción de humus?

- Debido a que muchos años una ONG me explicó y orientó la importancia de la producción de humus y es por eso por lo que, ahora me dedico a este trabajo.

2. ¿Qué tipo de lombriz utiliza para la elaboración del humus?

- a. Roja Californiana (*Eisenia foetida*)
- b. Roja africana (*Eudrilus eugeniae*)
- c. Roja de Taiwan (*Perionyx excavatus*)
- d. Roja nocturna (*Lomricus rabellus*)

3. ¿Cuál es el tipo de estiércol que utiliza para su producto “humus de lombriz”?

- a. Estiércol vacuno
- b. Estiércol de porcino
- c. Estiércol de equinos
- d. Estiércol de ovinos
- e. Estiércol de caprinos

4. ¿Qué otro tipo de materia orgánica utiliza?

a) Cachaza de caña de azúcar

b) Rastrojo de maíz

c) Aserrín de madera

d) Hojas de camote

e) otros

5. ¿Quiénes son sus mayores compradores de el humus que produce?

- Pues mayormente los demás productores de Tangay y hasta los universitarios, actualmente aún no se conoce la importancia de este producto.

6. Respecto al tiempo de maduración de su producto “humus de lombriz” ¿Cuál es la fecha de inicio y termino de la elaboración de su lote?

- Aproximadamente el proceso dura 3 meses

7. ¿Posee Ud. algún registro que asegure la trazabilidad de su producto?

- No debido a que la producción aun es pequeña.

8. ¿Qué datos considera para el etiquetado de su producto?

Nombre y marca (si lo tuviera), nombre y dirección del empacador, país de origen (lugar), grado de clasificación (extra, primera segunda), fecha de empaque, código o número de lote.

- Ninguno, ya que no cuento con ningún etiquetado

9. De acuerdo con la clasificación por tamaño de las partículas y obtener uniformidad en el producto ¿Usted utiliza algún tipo de tamices para optimizar la calidad? ¿Cuál es la medida de la abertura de la malla que utiliza?

- No utilizo ningún tamiz

ANEXO 3. Resultados de los análisis físicos y químicos del Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas – Universidad La Molina.

**INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA**

Solicitante: Gabriela Sanchez Velásquez

Procedencia: Ancash/Santa/Chimbote

Muestra de: Humus de Lombriz

Referencia: H.R. 67844

Boleta: 2840

Fecha: 29/04/19

Dr. Sady García Bendezú – Jefe de Laboratorio

N°							
LAB	CLAVES	pH	C.E.	M.O.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			dS/m	%	%	%	%
320	AG3	7.09	7.33	26.14	1.24	0.15	0.84
321	FP4	8.39	16.40	22.68	0.95	0.12	2.24

N°						
LAB	CLAVES	Pb	Cd	Impureza	Relación	Materia seca
		Ppm	ppm	%	C/N	%
320	AG3	20.83	2.30	65.24	11.73	46.23
321	FP4	17.30	2.68	65.86	13.09	57.08

N°					
LAB	CLAVES	CaO	MgO	Hd	Na
		%	%	%	%
320	AG3	2.76	0.98	53.77	0.13
321	FP4	5.29	1.10	42.92	0.60

N°						
LAB	CLAVES	Ácido Húmico	Ácido Fúlvico	Humina	CIC	C*
		%	%	%	meq/100g	%
320	AG3	5.57	1.72	17.46	32.32	12.67
321	FP4	3.15	1.49	16.80	29.60	11.01

N°							
LAB	CLAVES	pH	C.E.	M.O.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			dS/m	%	%	%	%
322	SA1	8.18	2.21	47.72	1.51	0.14	0.66
323	TM2	6.97	1.77	33.66	1.51	0.13	0.42

N°					
LAB	CLAVES	CaO	MgO	Hd	Na
		%	%	%	%
322	SA1	3.40	1.04	59.85	0.16
323	TM2	4.27	0.96	58.81	0.06

N°						
LAB	CLAVES	Pb	Cd	Impureza	Relación	Materia seca
		Ppm	ppm	%	C/N	%
322	SA1	55.08	2.75	43.37	17.81	40.15
323	TM2	26.80	1.80	58.47	12.55	41.19

N°						
LAB	CLAVES	Ácido Húmico	Ácido Fúlvico	Humina	CIC	C*
		%	%	%	meq/100g	%
322	SA1	8.53	2.29	35.56	41.12	25.66
323	TM2	5.45	1.95	25.27	41.60	14.56

ANEXO 4. Resultados de los análisis biológicos del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso” – Universidad La Molina.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú  
Teléfono: 6147800 anexo 274



**INFORME DE ENSAYO N° 1904141-LMT**

**SOLICITANTE** : GABRIELA SÁNCHEZ VELASQUEZ  
**DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO**  
**MUESTRA** : HUMUS  
1903141) SA1

**PROCEDENCIA** : Chimbote, Santa, Ancash  
**TIPO DE ENVASE** : Bolsa de plástico  
**CANTIDAD DE MUESTRA** : 01 muestra x 01 und. x 1000 g. aprox.  
**ESTADO Y CONDICIÓN** : En buen estado y cerrado  
**FECHA DE MUESTREO** : 2019 - 04 - 09  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2019 - 04 - 10  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYO** : 2019 - 04 - 10  
**FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO** : 2019 - 04 - 20

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA**

Análisis Microbiológico	Muestra 1903141
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes totales (NMP/g.)	11 x 10 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/g.)	11 x 10 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	11 x 10 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> Detección de <i>Salmonella sp.</i> en 25 g.	Ausencia
<sup>2</sup> Conteo de larvas y huevos de Helmintos (N°/4g.)	0

**Métodos:**

<sup>1</sup>International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

<sup>2</sup>Standard Methods for the Recovery and Enumeration of Helminth Ova in Wastewater, Sludge, Compost and Urine-Diversion Waste in South Africa.(2008), Water Research Commission, Part 2. WRC Report N° TT322/08.

**Observaciones:**

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 02 de Mayo de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: [lmt@lamolina.edu.pe](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

– (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: [lmt@lamolina.edu.pe](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)  
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú  
Teléfono: 6147800 anexo 274



## INFORME DE ENSAYO Nº 1904142- LMT

**SOLICITANTE** : GABRIELA SÁNCHEZ VELASQUEZ

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

**MUESTRA** : HUMUS  
1903142) TM2

PROCEDENCIA : Chimbote, Santa, Ancash  
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 1000 g. aprox.  
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 04 - 09  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 04 - 10  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : ~~2019 - 04 - 10~~  
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 04 - 20

### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1903142
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes totales (NMP/g.)	< 3
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/g.)	< 3
<sup>1</sup> Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	< 3
<sup>1</sup> Detección de <i>Salmonella sp.</i> en 25 g.	Ausencia
<sup>2</sup> Conteo de larvas y huevos de Helmintos (Nº/4g.)	0

#### Métodos:

<sup>1</sup>International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

<sup>2</sup>Standard Methods for the Recovery and Enumeration of Helminth Ova in Wastewater, Sludge, Compost and Urine-Diversion Waste in South Africa.(2008), Water Research Commission, Part 2. WRC Report N° TT322/08.

#### Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 02 de Mayo de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: [lm@lamolina.edu.pe](mailto:lm@lamolina.edu.pe)

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

– (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: [lm@lamolina.edu.pe](mailto:lm@lamolina.edu.pe)  
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú  
Teléfono: 6147800 anexo 274



## INFORME DE ENSAYO N° 1904143- LMT

**SOLICITANTE : GABRIELA SÁNCHEZ VELASQUEZ**

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

**MUESTRA : HUMUS  
1903143) AG3**

PROCEDENCIA : Chimbote, Santa, Ancash  
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 1000 g. aprox.  
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 04 - 09  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 04 - 10  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 04 - 10  
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 04 - 20

### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1903143
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes totales (NMP/g.)	> 11 x 10 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/g.)	> 11 x 10 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	> 11 x 10 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> Detección de <i>Salmonella sp.</i> en 25 g.	Ausencia
<sup>2</sup> Conteo de larvas y huevos de Helmintos (N°/4g.)	1

#### Métodos:

<sup>1</sup>International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

<sup>2</sup>Standard Methods for the Recovery and Enumeration of Helminth Ova in Wastewater, Sludge, Compost and Urine-Diversion Waste in South Africa.(2008), Water Research Commission, Part 2. WRC Report N° TT322/08.

#### Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 02 de Mayo de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: [imt@lamolina.edu.pe](mailto:imt@lamolina.edu.pe)

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

(511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: [imt@lamolina.edu.pe](mailto:imt@lamolina.edu.pe)  
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú  
Teléfono: 6147800 anexo 274



## INFORME DE ENSAYO N° 1904144- LMT

**SOLICITANTE : GABRIELA SÁNCHEZ VELASQUEZ**

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

**MUESTRA : HUMUS  
1903144) FP4**

PROCEDENCIA : Chimbote, Santa, Ancash  
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 1000 g. aprox.  
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 04 - 09  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 04 - 10  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 04 - 10  
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 04 - 20

### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1903144
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes totales (NMP/g.)	< 3
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/g.)	< 3
<sup>1</sup> Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	< 3
<sup>1</sup> Detección de <i>Salmonella sp.</i> en 25 g.	Ausencia
<sup>2</sup> Conteo de larvas y huevos de Helmintos (N°/4g.)	0

#### Métodos:

<sup>1</sup>International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acriba.

<sup>2</sup>Standard Methods for the Recovery and Enumeration of Helminth Ova in Wastewater, Sludge, Compost and Urine-Diversion Waste in South Africa.(2008), Water Research Commission, Part 2. WRC Report N° TT322/08.

#### Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 02 de Mayo de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: [imt@lamolina.edu.pe](mailto:imt@lamolina.edu.pe)

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

– (511) 614-7800 anexo 274 – E-mail: [imt@lamolina.edu.pe](mailto:imt@lamolina.edu.pe)  
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



# Estudio de la calidad física, química y biológica del humus elaborado y utilizado como enmienda orgánica en el valle del Santa - 2018.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

**22%**

INDICE DE SIMILITUD

**21%**

FUENTES DE INTERNET

**3%**

PUBLICACIONES

**14%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to CONACYT</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>4</b>	<b>ri.ues.edu.sv</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>www.asaja.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>cd.dgb.uanl.mx</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.unas.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

9	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
10	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
11	<a href="http://avepagro.org.ve">avepagro.org.ve</a> Fuente de Internet	<1%
12	<a href="http://biblioteca-digital.sag.gob.cl">biblioteca-digital.sag.gob.cl</a> Fuente de Internet	<1%
13	<a href="http://200.77.231.100">200.77.231.100</a> Fuente de Internet	<1%
14	<a href="http://bdigital.unal.edu.co">bdigital.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
15	<a href="http://digital.csic.es">digital.csic.es</a> Fuente de Internet	<1%
16	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
17	<a href="http://www.who.int">www.who.int</a> Fuente de Internet	<1%
18	<a href="http://www.lombricultura.cl">www.lombricultura.cl</a> Fuente de Internet	<1%
19	Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador Trabajo del estudiante	<1%

[biblioteca.inia.cl](http://biblioteca.inia.cl)

20	Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://msue.anr.msu.edu">msue.anr.msu.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://repository.unad.edu.co">repository.unad.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://ctpapaecuador.com">ctpapaecuador.com</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://creativecommons.org">creativecommons.org</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://www.inventati.org">www.inventati.org</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://uaaan.mx">uaaan.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://edis.ifas.ufl.edu">edis.ifas.ufl.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://www.iiap.org.pe">www.iiap.org.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://organiroxs.com">organiroxs.com</a> Fuente de Internet	<1 %

32	<a href="http://myslide.es">myslide.es</a> Fuente de Internet	<1 %
33	<a href="http://www.residuoselectronicos.net">www.residuoselectronicos.net</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://www.hortalan.com">www.hortalan.com</a> Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil Trabajo del estudiante	<1 %
36	<a href="http://www.fao.org">www.fao.org</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://www.ueb.edu.ec">www.ueb.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://repositorio.uigv.edu.pe">repositorio.uigv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://www.kerwa.ucr.ac.cr">www.kerwa.ucr.ac.cr</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

43	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1%
44	<a href="http://remocion.blogspot.com">remocion.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1%
45	<a href="http://mst.ama.cu">mst.ama.cu</a> Fuente de Internet	<1%
46	<a href="http://www.ecoterra.org">www.ecoterra.org</a> Fuente de Internet	<1%
47	<a href="http://oa.upm.es">oa.upm.es</a> Fuente de Internet	<1%
48	<a href="http://citt.itsm.edu.mx">citt.itsm.edu.mx</a> Fuente de Internet	<1%
49	<a href="http://reunir.unir.net">reunir.unir.net</a> Fuente de Internet	<1%
50	<a href="http://www.bdigital.unal.edu.co">www.bdigital.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
51	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1%
52	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
53	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1%
54	<a href="http://repositorio.upeu.edu.pe">repositorio.upeu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

		<1%
55	<a href="http://www.cacao.sian.info.ve">www.cacao.sian.info.ve</a> Fuente de Internet	<1%
56	Submitted to ECCI Trabajo del estudiante	<1%
57	<a href="http://www.unsij.edu.mx">www.unsij.edu.mx</a> Fuente de Internet	<1%
58	<a href="http://www.biblioteca.org.ar">www.biblioteca.org.ar</a> Fuente de Internet	<1%
59	<a href="http://eu.vlex.com">eu.vlex.com</a> Fuente de Internet	<1%
60	<a href="http://www.itp.edu.co">www.itp.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
61	<a href="http://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
62	<a href="http://revistabiomedica.org">revistabiomedica.org</a> Fuente de Internet	<1%
63	<a href="http://agronoticias2012.blogspot.com">agronoticias2012.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1%
64	<a href="http://dspace.unl.edu.ec">dspace.unl.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
65	<a href="http://www.bvsde.paho.org">www.bvsde.paho.org</a> Fuente de Internet	<1%

66	<a href="http://www.upsp.edu.pe">www.upsp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
67	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%
68	<a href="http://biomasaxy.com">biomasaxy.com</a> Fuente de Internet	<1%
69	164.109.17.220 Fuente de Internet	<1%
70	<a href="http://www.revistabiomedica.org">www.revistabiomedica.org</a> Fuente de Internet	<1%
71	<a href="http://www.acmor.org.mx">www.acmor.org.mx</a> Fuente de Internet	<1%
72	<a href="http://www.redalyc.org">www.redalyc.org</a> Fuente de Internet	<1%
73	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	<1%
74	<a href="http://revistas.lasalle.edu.co">revistas.lasalle.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
75	Submitted to Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac Trabajo del estudiante	<1%
76	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%

77	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	<1%
78	www.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
79	Submitted to Colegio Champagnat Trabajo del estudiante	<1%
80	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1%
81	dof.vlex.com.mx Fuente de Internet	<1%
82	inta.gob.ar Fuente de Internet	<1%
83	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1%
84	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1%
85	www.oab.ambientebogota.gov.co Fuente de Internet	<1%
86	Muniyandi Biruntha, Natchimuthu Karmegam, Jeyaprakasam Archana, Balan Karunai Selvi et al. "Vermiconversion of biowastes with low-to-high C/N ratio into value added vermicompost", Bioresource Technology, 2019 Publicación	<1%



87	<a href="http://repositorio.ucm.edu.co:8080">repositorio.ucm.edu.co:8080</a> Fuente de Internet	<1%
88	<a href="http://repository.ucc.edu.co">repository.ucc.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
89	<a href="http://eprints.uanl.mx">eprints.uanl.mx</a> Fuente de Internet	<1%
90	<a href="http://link.springer.com">link.springer.com</a> Fuente de Internet	<1%
91	<a href="http://www.uca.edu.ni">www.uca.edu.ni</a> Fuente de Internet	<1%
92	<a href="http://www.noticiasaliadas.org">www.noticiasaliadas.org</a> Fuente de Internet	<1%
93	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
94	<a href="http://www.scielo.org.co">www.scielo.org.co</a> Fuente de Internet	<1%
95	Submitted to Instituto Politecnico Nacional Trabajo del estudiante	<1%
96	<a href="http://biomedeve.blogspot.com">biomedeve.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1%
97	<a href="http://tecnologiacarpinteria.blogspot.com">tecnologiacarpinteria.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1%
98	<a href="http://www.r3environmental.com.co">www.r3environmental.com.co</a> Fuente de Internet	<1%

		<1%
99	Submitted to University of Sheffield Trabajo del estudiante	<1%
100	carminaportafolio.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
101	zh.scientific.net Fuente de Internet	<1%
102	www.educagua.com Fuente de Internet	<1%
103	rdu.unc.edu.ar Fuente de Internet	<1%
104	www.jardin-tecina.com Fuente de Internet	<1%
105	www.crim.unam.mx Fuente de Internet	<1%
106	Guerra, M.. "Effect of organic treatments with calcium carbonate and bio-activator on quality of 'Reinette' apple cultivars", Scientia Horticulturae, 20110610 Publicación	<1%
107	www.tandfonline.com Fuente de Internet	<1%
108	repository.lasalle.edu.co	

	Fuente de Internet	<1%
109	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
110	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1%
111	mriuc.bc.uc.edu.ve Fuente de Internet	<1%
112	unillanos-repositorio.metabiblioteca.org Fuente de Internet	<1%
113	apps.euskadi.eus Fuente de Internet	<1%
114	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	<1%
115	web.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
116	siiba.conadesuca.gob.mx Fuente de Internet	<1%
117	studylib.es Fuente de Internet	<1%
118	bdigital.zamorano.edu Fuente de Internet	<1%

Kevin Clack, Bjoern Pietruschka, Isaac Dennis

119	Amoah, Pardon Muchaonyerwa et al. "Transfer of coliform bacteria to duckweed harvested from anaerobic baffled reactor effluent", Bioresource Technology Reports, 2019 Publicación	<1%
120	lrrd.org Fuente de Internet	<1%
121	repositoriotec.tec.ac.cr Fuente de Internet	<1%
122	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
123	dspace.umh.es Fuente de Internet	<1%
124	www.agrosintesis.com Fuente de Internet	<1%
125	tel.archives-ouvertes.fr Fuente de Internet	<1%
126	suelosustentable.cl Fuente de Internet	<1%
127	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
128	"Microorganisms for Green Revolution", Springer Nature, 2018 Publicación	<1%

119	Amoah, Pardon Muchaonyerwa et al. "Transfer of coliform bacteria to duckweed harvested from anaerobic baffled reactor effluent", Bioresource Technology Reports, 2019 Publicación	<1 %
120	<a href="http://lrrd.org">lrrd.org</a> Fuente de Internet	<1 %
121	<a href="http://repositoriotec.tec.ac.cr">repositoriotec.tec.ac.cr</a> Fuente de Internet	<1 %
122	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
123	<a href="http://dspace.umh.es">dspace.umh.es</a> Fuente de Internet	<1 %
124	<a href="http://www.agrosintesis.com">www.agrosintesis.com</a> Fuente de Internet	<1 %
125	<a href="http://tel.archives-ouvertes.fr">tel.archives-ouvertes.fr</a> Fuente de Internet	<1 %
126	<a href="http://suelosustentable.cl">suelosustentable.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
127	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
128	"Microorganisms for Green Revolution", Springer Nature, 2018 Publicación	<1 %

129	<a href="http://bitacoramedica.com">bitacoramedica.com</a> Fuente de Internet	<1 %
130	<a href="http://sedici.unlp.edu.ar">sedici.unlp.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
131	<a href="http://www.scielo.org.mx">www.scielo.org.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
132	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
133	<a href="http://upcommons.upc.edu">upcommons.upc.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
134	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec">www.dspace.uce.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
135	<a href="http://prodescentralizacion.org.pe">prodescentralizacion.org.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
136	<a href="http://lhortdepqpi.blogspot.com">lhortdepqpi.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
137	<a href="http://nolaboreo.es">nolaboreo.es</a> Fuente de Internet	<1 %
138	<a href="http://id.scribd.com">id.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
139	Miguel Ángel Olego, José Miguel De Paz, Fernando Visconti, José Enrique Garzón. "Predictive modelling of soil aluminium saturation as a basis for liming	<1 %

recommendations in vineyard acid soils under  
Mediterranean conditions", Soil Science and  
Plant Nutrition, 2014

Publicación

140	<a href="http://www.fonade.gov.co">www.fonade.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
141	<a href="http://dgspdz.com">dgspdz.com</a> Fuente de Internet	<1 %
142	Submitted to Colegio Aleman Trabajo del estudiante	<1 %
143	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
144	<a href="http://viaorganica.org">viaorganica.org</a> Fuente de Internet	<1 %
145	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
146	<a href="http://repositorio.inta.gob.ar">repositorio.inta.gob.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
147	<a href="http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx">cienciasagricolas.inifap.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
148	<a href="http://repositorio.uladech.edu.pe">repositorio.uladech.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
149	<a href="http://www.arcjournals.org">www.arcjournals.org</a> Fuente de Internet	<1 %

150	<a href="http://file.scirp.org">file.scirp.org</a> Fuente de Internet	<1%
151	<a href="http://procais.com">procais.com</a> Fuente de Internet	<1%
152	<a href="http://lookformedical.com">lookformedical.com</a> Fuente de Internet	<1%
153	<a href="http://www.mag.go.cr">www.mag.go.cr</a> Fuente de Internet	<1%
154	<a href="http://repository.unimilitar.edu.co">repository.unimilitar.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
155	<a href="http://ojs.3ciencias.com">ojs.3ciencias.com</a> Fuente de Internet	<1%
156	<a href="http://colposdigital.colpos.mx:8080">colposdigital.colpos.mx:8080</a> Fuente de Internet	<1%
157	<a href="http://ri.uaemex.mx">ri.uaemex.mx</a> Fuente de Internet	<1%
158	<a href="http://www.abonosconcar.es">www.abonosconcar.es</a> Fuente de Internet	<1%
159	<a href="http://www.etcgroup.org">www.etcgroup.org</a> Fuente de Internet	<1%
160	M. Sánchez Pérez, A. Gil Sierra, A. Sánchez Martín, P. Gallego Gómez, D. Pereira Boo. "Nomenclatura estandarizada de la patología"	<1%



## discal", Radiología, 2012

Publicación

---

161	<a href="http://newton.ccupm.upm.es">newton.ccupm.upm.es</a>	<1%
	Fuente de Internet	
<hr/>		
162	<a href="http://www.bilingualonline.net">www.bilingualonline.net</a>	<1%
	Fuente de Internet	
<hr/>		
163	<a href="http://www.funcener.org">www.funcener.org</a>	<1%
	Fuente de Internet	
<hr/>		
164	<a href="http://www.revistaespacios.com">www.revistaespacios.com</a>	<1%
	Fuente de Internet	
<hr/>		
165	Submitted to Universidad de Murcia	<1%
	Trabajo del estudiante	
<hr/>		
166	Submitted to Escuela Politecnica Nacional	<1%
	Trabajo del estudiante	

---

Excluir citas      Activo

Excluir coincidencias      < 15 words

Excluir bibliografía      Activo