

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“REMEDIACIÓN DE SUELOS SALINOS CON VERMICOMPOST
ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS INDUSTRIALES DEL
OLIVO EN UN FUNDO DEL DISTRITO DE LA YARADA - LOS
PALOS, TACNA, 2021”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

Bach. MARIA LAURA SANTANA FLOR

Bach. GINA ALEJANDRA TURPO CARCAUSTO

TACNA – PERÚ

2021

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

**“REMEDIACIÓN DE SUELOS SALINOS CON VERMICOMPOST
ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS INDUSTRIALES DEL OLIVO EN
UN FUNDO DEL DISTRITO DE LA YARADA - LOS PALOS, TACNA,
2021”**

**Tesis sustentada el 29 de octubre del 2021; estando el jurado
calificador integrado por:**

PRESIDENTE: Dr. RICHARD SABINO LAZO RAMOS

SECRETARIO: Ing. CARMEN ROSA ROMÁN ARCE

VOCAL: MSc. JOSÉ OSWALDO CAZORLA GALDÓS

ASESOR: Blga. CLAUDIA VANESSA CLAVIJO KOC

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Maria Laura Santana Flor, en calidad de bachiller de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI 70416135

Yo Gina Alejandra Turpo Carcausto, en calidad de bachiller de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI 71247959

Declaro bajo juramento que:

1.Somos autores de la tesis titulada: *“Remediación de suelos salinos con vermicompost elaborado a partir de residuos industriales del olivo en un Fundo del Distrito de La Yarada - Los Palos, Tacna, 2021”*

la misma que se presenta para optar el:

Título Profesional de Ingeniero Ambiental

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a *La Universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a *La Universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo

declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 29 de octubre del 2021



Bach. Maria Laura Santana Flor

DNI: 70416135



Bach. Gina Alejandra Turpo Carcausto

DNI: 71247959

DEDICATORIA

A Dios, por siempre ser mi guía, darme fortaleza y colocarme a las personas correctas en el camino.

A mis queridos padres María Esther y Carlos, quienes siempre están a mi lado para apoyarme y darme aliento en cada etapa de mi vida inculcándome desde muy pequeña buenos valores. Gracias por todo el esfuerzo y sacrificio que hacen por mí para poder verme convertida en una profesional, esto es para ustedes.

A mi hermano Ignacio, a quien quiero darle el mejor de los ejemplos. Gracias por siempre estar conmigo y darme apoyo.

A mi familia y amigos, que siempre están a mi lado dándome apoyo y cariño en todo momento.

Bach. Maria Laura Santana Flor

DEDICATORIA

Llena de regocijo, amor y esperanza, dedico esta investigación, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante. Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo se ha logrado culminar esta investigación.

A Dios, por cuidar de mi familia y de mí, darme la fortaleza suficiente para seguir adelante, por cada obstáculo en mi vida que me dejó enseñanzas e hizo de mí una persona valiente, por escuchar mis oraciones y guiarme siempre por el camino correcto, porque sin ti señor, nada sería posible.

A mis padres Nimecia y Rene, sin ellos no hubiera llegado hasta aquí, ni tenido la motivación suficiente para levantarme después de cada caída; por los grandes sacrificios que han hecho por mí y apoyo incondicional que siempre recibí de ustedes. Y por inculcar en mí los valores que me caracterizan. Todo lo que hago y hare será siempre por ustedes.

A mis hermanos Luis, Alexander y Rene que, son también el motivo por el cual me esfuerzo cada día, para que vean en mi alguien de quien se sientan orgullosos y ser para ustedes el mejor ejemplo.

A mi familia y amigos, porque siempre me dieron ánimos cuando más lo necesite, por apoyarme día a día, ser mis confidentes y consejeros, por ayudarme a no dejarme vencer ante las adversidades, a todos ustedes siempre los llevare dentro de mi corazón.

Bach. Gina Alejandra Turpo Carcausto

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, a quienes siempre les estaremos eternamente agradecidos y serán siempre nuestra prioridad, ahora nos queda como meta cumplir nuestros sueños. Los amamos.

A nuestra asesora de tesis, Bióloga Claudia Clavijo Koc, a quien queremos dar las gracias, con todo nuestro cariño y respeto, por orientarnos y enseñarnos, así como por su gran dedicación y paciencia infinita durante esas largas horas de revisiones, quien se dio un poco de tiempo en su ajustada agenda para poder brindarnos su sabiduría y corregir nuestros errores a lo largo de esta investigación.

A la Sra. Olga y el Sr. Wilson, de Viveros Wilson, por su gran implicación y compromiso de forma desinteresada, y por su asesoramiento oportuno y acertadas recomendaciones durante la realización de esta Investigación.

Autores.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Justificación e importancia de la investigación	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Hipótesis	4
1.5.1. Hipótesis general	4
1.5.2. Hipótesis específicas.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes del estudio	5
2.1.1. Antecedentes internacionales	5
2.1.2. Antecedentes nacionales	7
2.1.3. Antecedentes locales	8
2.2. Bases Teóricas.....	8
2.2.1. Salinidad en Tacna, Perú y el Mundo	8
2.2.2. Suelos salinos en la agricultura	9
2.2.3. Enmiendas orgánicas en la biorremediación de suelos	10
2.2.4. Residuos industriales del olivo como alternativa de enmienda para suelos.....	10
2.2.5. Propiedades del Alperujo	11
2.2.6. Vermicompost como alternativa de gestión de residuos.....	12
2.2.7. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N).....	12
2.2.8. Beneficio de la presencia de Materia Orgánica en los suelos Salinos	13
2.2.9. El estiércol vacuno como abono en compost.....	14

2.2.10. Condiciones ambientales para el desarrollo de la Lombriz Roja (Eisenia Foetida)	14
2.3. Definición de términos	15
2.3.1. Análisis de salinidad del suelo	15
2.3.2. Compost	15
2.3.3. Salinidad	15
2.3.4. Suelo	16
2.3.5. Suelo salino	16
2.3.6. Vermicompost	16
2.3.7. Materia Orgánica	16
2.3.8. Relación C/N	17
2.3.9. Alperujo	17
2.3.10. Lombrices Californianas	17
2.3.11. Suelo franco arenoso	17
2.3.12. Cáscara de papa	17
2.3.13. Turba	18
2.3.14. Estiércol de vaca	18
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	19
3.1. Tipo y diseño de la investigación	19
3.1.1. Tipo de investigación: Explicativa	19
3.1.2. Diseño de investigación: Diseño de laboratorio	19
3.2. Población y/o muestra de estudio	19
3.2.1. Población	19
3.2.2. Muestra de estudio	20
3.3. Operacionalización de variables	20
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	22
3.4.1. Para la toma de muestra:	23
3.4.2. Para evaluar los parámetros en laboratorio:	24
3.5. Procesamiento y análisis de datos	30
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	31
4.1. Disminución de Salinidad del Suelo usando vermicompost	31
4.2. Análisis de Salinidad del Suelo	33
4.3. Elaboración de Vermicompost a partir de residuos industriales del olivo	34
4.4. Parámetros Fisicoquímicos durante el vermicompostaje	36
4.5. Aplicación de Vermicompost en Suelo Salino	38
4.6. Determinación de Porcentaje de Materia Orgánica	41

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	42
5.1. Disminución de Salinidad del Suelo.....	42
5.2. Análisis de Salinidad del Suelo.....	44
5.3. Vermicompost	44
5.4. Parámetros Fisicoquímicos durante el Compostaje.....	46
5.5. Análisis de acción del vermicompost en suelo salino	47
5.5.1. pH	47
5.5.2. Conductividad Eléctrica	47
5.5.3. Relación C/N	48
5.6. Materia Orgánica.....	49
CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	20
Tabla 2. Parámetros de la relación Carbono/Nitrógeno	27
Tabla 3. Clasificación de Suelos para salinidad de Acuerdo a los Rangos de Conductividad Eléctrica.....	29
Tabla 4. Análisis de Salinidad de Suelo del Fundo Berrios, La Yarada.....	33
Tabla 5. Corridas Experimentales de superficie respuesta Box-Behnken	34
Tabla 6. Número de Lombrices (Eisenia Foetida)	35
Tabla 7. Porcentaje de Reducción de Conductividad Eléctrica de Suelos de La Yarada Los Palos.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disminución de conductividad eléctrica en 15 tratamientos de vermicompost aplicados en suelos de La Yarada Los Palos.....	31
Figura 2. Diagrama de Pareto estandarizado para la disminución de la Conductividad del suelo	31
Figura 3. Gráfica de efectos principales para disminución de conductividad.....	31
Figura 4. Superficie de respuesta estimada a la disminución de conductividad	32
Figura 5. Humedad de ocho semanas de control de vermicomposteras	36
Figura 6. Temperatura de las ocho semanas de control de vermicomposteras.....	36
Figura 7. Potencial Hidrógeno de ocho semanas de control de vermicomposteras.	37
Figura 8. Potencial Hidrógeno a los 28 días de incubación	38
Figura 9. Evolución del Potencial de Hidrógeno en 15 tratamientos de vermicompost	38
Figura 10. Conductividad Eléctrica a 28 días de incubación	38
Figura 11. Evolución de la disminución de la Conductividad Eléctrica en 15 tratamientos.....	39
Figura 12. Relación C/N de los 15 tratamientos.....	40
Figura 13. Porcentaje de materia orgánica en los 15 tratamientos obtenidos a los 28 días de incubación.....	41

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Matriz de Consistencia	61
Anexo 2. Recolección de muestras de suelo en Fundo Berrios, La Yarada para análisis de salinidad inicial.....	62
Anexo 3. Recolección de suelo franco arenoso y estiércol vacuno.....	62
Anexo 4. Recepción de residuos industriales de olivo en la empresa Vallesur. ...	63
Anexo 5. Mezcla de suelo franco arenoso, turba y estiércol vacuno.....	63
Anexo 6. Volumen de composteras	64
Anexo 7. Composteras armadas.	64
Anexo 8. Toma de pH, temperatura y humedad en campo mediante equipos 4 en 1 y termohigrómetro respectivamente.....	65
Anexo 9. Muestras de humus para análisis C/N de cada compostera.	65
Anexo 10. Preparación de muestras y repeticiones de tierra salina junto a vermicompost para incubación.	66
Anexo 11. Incubación de mezcla suelo:vermicompost a 28 °C y 80 % de humedad	66
Anexo 12. Mezcla de agua destilada y sustrato para análisis de Conductividad Eléctrica	67
Anexo 13. Muestras de humus en el horno mufla a 950 °C para hallar Carbono y Materia orgánica.....	67
Anexo 14. Etapa de enfriamiento en el desecador de muestras de humus para análisis de materia orgánica.	68
Anexo 15. Mapa de Macro localización de la obtención de muestras de suelo salino	68
Anexo 16. Mapa de Micro localización del área en el que se recolecto la muestra de suelo salino	69
Anexo 17. Temperatura máxima y mínima promedio de Tacna	69

RESUMEN

Se obtuvieron muestras de suelo de un fundo del Distrito de La Yarada-Los Palos, en la ciudad de Tacna, y se le aplicó un diseño experimental de Box-Behnken en el cual se utilizaron los factores de una mezcla de materia orgánica, alperujo y cáscara de papa para elaborar un vermicompost. Se evaluó la evolución del vermicompost, obteniendo valores de Carbono/Nitrógeno (C/N) de 11,60 y 12,51 y materia orgánica entre un rango de 13,02 % y 60,53 %, lo que permitió el desarrollo de las lombrices de especie *Eisenia foetida*, posteriormente el vermicompost obtenido se aplicó en muestras de suelo altamente salinas con una conductividad de 16,6 dS/m. Luego de 28 días de incubación se disminuyó la salinidad en promedio en todas las muestras hasta llegar a un valor de 6,5 dS/m, colocando una proporción de 10 % de vermicompost y 90 % de suelo. El alperujo tuvo un efecto significativo en reducir la salinidad cuando forma parte del vermicompost y se obtuvo una proporción óptima de 10 kg de mezcla, 5 kg de alperujo y 0,37 kg de cáscara de papa. En promedio se logró reducir 60,84 % de conductividad eléctrica.

Palabras clave: Estiércol de vaca, vermicompost, residuos industriales del olivo, salinidad.

ABSTRACT

Soil samples were obtained from a farm in the District of La Yarada-Los Palos, in the city of Tacna, and a Box-Behnken experimental design was applied in which the factors of a mixture of organic matter, alperujo and potato peel to make a vermicompost. The evolution of vermicompost was evaluated, obtaining C / N values of 11,60 and 12,51 and organic matter between a range of 13,02 % and 60,53 %, leading to the development of the worms of the *Eisenia foetida* species, then the vermicompost obtained was applied in highly saline soil samples with a conductivity of 16,6 dS/m, after 28 days of incubation the salinity was decreased on average in all the samples until reaching at a value of 6,5 dS / m, placing a proportion of 10 % vermicompost and 90 % soil. The alperujo had a significant effect in reducing the salinity when it is part of the vermicompost and an optimal proportion of 10 kg of mixture, 5 kg of alperujo and 0,37 kg of potato peel was obtained. On average, 60.84 % of electrical conductivity was reduced.

Keywords: Cow dung, vermicompost, industrial olive waste, salinity

INTRODUCCIÓN

Dentro del ámbito de los suelos una de las formas de contaminación son los procesos de empobrecimiento como la erosión, desertificación y la salinización; la salinización se da en la capa arable del suelo donde se acumulan sales, donde éstas afectan negativamente a las propiedades químicas biológicas y físicas del mismo (Torres y et al., 2006; Mogollón y et al., 2010).

El problema de salinidad y sodicidad del suelo es común en el mundo entero, pero tienen una mayor importancia en las zonas áridas y semiáridas que están abiertas a la agricultura intensiva.

Dentro de este problema se encuentra incluida la costa del Perú, debido a que cuenta con una extensión de más de un millón de ha. con aptitud para riego, donde presentan cultivos 750,000 ha y de estas, según INADE, existen aproximadamente 300,000 ha. perjudicadas por mal drenaje y salinidad.

Por tanto, se puede precisar que en la zona desértica del Distrito de La Yarada-Los Palos viene desarrollándose un proceso continuo de degradación de la tierra, a causa de que predominan inapropiados sistemas agrícolas, además de localizarse muy cerca al mar, lo cual afecta al suelo con problemas de salinización.

El distrito de La Yarada-Los Palos presenta grandes extensiones de tierra aprovechadas para la agricultura, lo cual ha permitido a este distrito ser el primer productor de olivo del país y además posee más del 43 % de la producción agrícola de la región de Tacna. La Yarada-Los Palos tiene 6,500 has. de cultivo donde producen olivo, páprika, cebolla, zapallo y melón, los cuales pueden ser irrigados gracias a las aguas subterráneas.

Además, se producen derivados del olivo como lo es el aceite de oliva, que elimina un residuo sólido denominado orujo el cual escurre de las aceitunas cuando se encuentran apiladas antes de la molienda y también en la extracción del aceite.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La salinidad ha sido un problema que ha venido amenazando los suelos que cumplen la función agrícola, en América Latina. Perú ha sido uno de los más afectados, siendo afectada la producción de alimentos, ya que la salinidad al estar presente en el suelo pierde su potencial de rendimiento.

Si bien es cierto la causa inicial de la salinidad del suelo viene por el mismo efecto de la naturaleza y el manejo incorrecto de la agricultura como: el mal manejo del riego, la inadecuada aplicación del compost o estiércol, el uso de aguas negras, etc., también son causantes de la salinidad en los mismos suelos.

En Tacna se cuenta con grandes espacios de tierra dedicados para la agricultura como es el distrito de La Yarada-Los Palos, el cual se encuentra en la zona costera cercana al mar y además de ser una zona desértica, propicia un escenario perfecto para que los suelos sean salinos; debido a la intrusión marina en las aguas subterráneas, donde los acuíferos de la costa se encuentran conectados con el agua del mar.

Esto viene a ser un problema para los cultivos de La Yarada-Los Palos, ya que al encontrarse las plantas bajo estrés salino provoca cambios en la fisiología y bioquímica en el metabolismo de las plantas, y esto es determinante para la subsistencia de las mismas, además de su productividad bajo estas condiciones.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Es factible remediar la salinidad de suelos utilizando vermicompost elaborado a partir de residuos industriales del olivo en un fundo del Distrito La Yarada-Los Palos, Tacna?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la salinidad del suelo en un fundo del Distrito La Yarada-Los Palos?
- ¿Es posible elaborar vermicompost a partir de residuos industriales del olivo para mejorar la calidad del suelo de un fundo ubicado en La Yarada – Los Palos?
- ¿Cómo cambian los parámetros fisicoquímicos durante el proceso de vermicompostaje?
- ¿Cuál es la proporción adecuada de vermicompost a agregar al suelo salino para su remediación?
- ¿Cuánto porcentaje de materia orgánica aporta el vermicompost de residuos industriales del olivo a los suelos salinos?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

Este proyecto se realiza debido a la gran preocupación que existe en la afectación de las plantas por los suelos salinos en La Yarada-Los Palos, ya que estos tienen un efecto negativo en los cultivos y su desarrollo, porque al estar expuestas a estas condiciones el sistema de las plantas es superado por el potencial osmótico del suelo lo cual limita la entrada del agua en la raíz. Por ello, se busca con esta investigación encontrar la enmienda que tenga una mayor efectividad en el suelo salino aprovechando el alperujo de olivo, un desecho industrial del olivo y sus derivados, el cual puede ser un contaminante para agua y suelos al no ser dispuesto correctamente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Remediar la salinidad de un suelo utilizando vermicompost elaborado a partir de residuos industriales del olivo en un fundo del Distrito La Yarada-Los Palos, Tacna.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar el análisis de salinidad en el suelo de un fundo del Distrito La Yarada-Los Palos.
- Elaborar vermicompost a partir de residuos industriales del olivo para mejorar la calidad del suelo de un fundo ubicado en La Yarada – Los Palos.
- Evaluar parámetros fisicoquímicos durante el proceso de vermicompostaje.
- Aplicar y evaluar el vermicompost de residuos industriales del olivo en suelos salinos para su remediación.
- Determinar el porcentaje de materia orgánica que aporta el vermicompost elaborado con residuos industriales del olivo a los suelos salinos.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Existe un efecto de los residuos del olivo en la elaboración del vermicompost para la reducción de la salinidad en los suelos salinos de La Yarada-Los Palos.

1.5.2. Hipótesis específicas

- El suelo del distrito de La Yarada-Los Palos posee una alta conductividad eléctrica.
- Se puede elaborar un vermicompost a base de residuos industriales del olivo.
- Se alcanza el desarrollo de las Lombrices (*Eisenia Foetida*) y se obtiene el vermicompost con los parámetros fisicoquímicos de calidad requerida.
- Se logra disminuir la salinidad del suelo aplicando vermicompost elaborados con residuos del olivo.
- El vermicompost elaborado con residuos industriales del olivo tiene un aporte alto en nitrógeno y una relación óptima de carbono nitrógeno.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Sainz et al., (2000), plantean bio transformar los residuos industriales del olivo secos y extractados, producidos por la empresa productora del olivo, a través del desarrollo de un proceso de vermicompostaje. Los macro organismos (lombrices) se desarrollaron perfectamente, lo que ocasiona la mejoría del orujo seco y extractado. Como resultados finales obtenidos por el vermicompost se obtuvieron un alto nivel de humificación y nutrientes, disminuyen los niveles en pH y redujo drásticamente la fitotoxicidad cumpliendo la legislación sobre el compost, es por esta razón que estos residuos serían un perfecto abono orgánico para la agricultura.

Según Duran y Henríquez (2010), estudiaron el efecto que tiene el vermicompost sobre el suelo, sus propiedades y la biomasa vegetal. En el estudio mezclaron vermicompost con Andisol y Ultisol en macetas. Se evaluaron diferentes dosis del producto, sobre suelos con diferentes niveles de salinidad. Según distintos análisis se pudo determinar que el vermicompost favoreció en el incremento de K, P, Mg, Ca. Este trabajo contribuye como referencia para la investigación a realizar debido a que realizan análisis químicos en el suelo, así como en la planta usada como indicador, teniendo relación con la investigación que se propone ya que la mayoría de análisis se pretenden realizar; por tanto, aporta información de importancia.

Así mismo (Vargas-Machuca, 2010) realizó vermicompostaje con orujillo, donde utilizó un tubo cilíndrico abierto, introdujo una fina esponja ajustada al fondo, para facilitar el drenaje, sobre la esponja depositar el residuo orgánico, en este caso el orujo del olivo y sobre él una capa de aclimatación compuesta por vermicompostaje donde fueron introducidas las lombrices. El objetivo fue dar información sobre las bases científicas del proceso de vermicompostaje sobre la

viabilidad de la utilización de nuevos residuos orgánicos para su biodegradación por la acción, combinada de lombrices y microorganismos.

Hernández (2011) realizó un estudio dirigido a la evaluación de enmiendas orgánicas y su efecto frente a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; así mismo señala que de manera tradicional se han utilizado residuos orgánicos, añadiéndoles al suelo que aumentará el contenido de materia orgánica y proporcionará nitrógeno a los cultivos. Sin embargo, se puede provocar la salinización en suelos debido a que la aplicación no es realizada en forma adecuada. Los autores indican que una alternativa viable es el proceso de vermicompostaje, para asegurar su uso como abono orgánico, y que esta práctica está ganando mayor importancia por sus efectos benéficos comprobados en propiedades químicas, biológicas y físicas de los suelos agrícolas. Este trabajo nos aporta las variables de suelo, debido a que nos permite seleccionar los mejores indicadores edáficos para observar cómo es el proceso de salinización en el suelo, y como establecer diseños experimentales de acuerdo a los objetivos.

Bandera (2013) desarrolló una investigación cuyo propósito fue la evaluación de enmiendas orgánicas en la rehabilitación de suelos salinos sódicos, en Buenos Aires, Argentina. Entre las enmiendas utilizadas por el autor, está el uso de biosólidos, cuyo efecto a nivel de umbráculo resultaron satisfactorios en la reducción de los niveles de sodicidad y salinidad del suelo estudiado. Sin embargo, este autor señala que no se obtuvo el mismo comportamiento en la evaluación realizada a nivel de campo, producto de la alta variabilidad de las propiedades químicas del suelo, por lo cual debe ser un factor a considerar en futuras investigaciones relacionadas a este tema. Este trabajo permitió establecer la importancia de las enmiendas orgánicas en la rehabilitación de suelos salino-sódicos, y además señaló cuales serían las variables edáficas más relevantes a considerar en la evaluación de la salinidad del suelo.

De la misma manera (Mogollón, 2014) evaluó el efecto del

vermicompost sobre un espacio de suelo especialmente salino-sódico del Cebollal de Coro, para su investigación se optó por realizar un experimento a través de la incubación para comparar tres diferentes dosis de vermicompost y se realizó 4 tratamientos, tres de ellos con distintos porcentajes de vermicompost y uno de sin vermicompost, durante 28 días. Durante todo este proceso se tomaron las variables de suelo CE, pH, PSI, COS, CBM y AU. Aplicado los distintos tratamientos lograron disminuir los niveles de CE, pH y PSI; esto nos lleva a probar que la adición de vermicompost a los suelos salinos son una buena estrategia para su recuperación.

Según Mogollón (2015) realizó una investigación con el objetivo de evaluar el impacto de los tipos de uso de la tierra predominantes en una zona de Venezuela, a partir del monitoreo de variables biológicas del suelo. Además, se evaluó la efectividad del vermicompost en las distintas propiedades químicas y biológicas de un área de suelo árido salino-sódico. Para ello se realizó un estudio donde se incubó los suelos a nivel laboratorio donde se compararon diferentes porciones de vermicompost. Se agregaron 4 tratamientos: (T1) tratamiento control sin vermicompost, y los demás tratamientos con vermicompost en distintas dosis; posteriormente se dejaron estas muestras por un período de incubación de 1 mes. Adicionalmente fueron evaluadas las siguientes variables: actividad ureásica, carbono de la biomasa microbiana, pH, conductividad eléctrica, cationes cambiabiles y porcentaje de sodio intercambiable. Se pudo observar que la conductividad eléctrica y el PSI disminuyeron durante el período de incubación, demostrando que el vermicompost actúa como un correctivo efectivo en la recuperación de suelos sódicos y salinos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Además, Sánchez (2018) evaluó el proceso de elaboración de vermicompost con dos especies distintas de lombrices, donde se tuvo como objetivo determinar condiciones del proceso de elaboración del vermicompost y establecer la producción y propiedades del vermicompost elaborado para el campo de la

agricultura. En este caso se realizó un diseño estadístico completamente al azar (DCA) con un total de 6 unidades experimentales. Por ello, se elaboraron seis camas de vermicompostaje las cuales contenían 110 kg de compost y 1,3 kg de lombrices. Además, nos indica que la humedad óptima del compost para el desarrollo correcto de las lombrices debe encontrarse entre 70 % a 80 %.

2.1.3. Antecedentes locales

En la ciudad de Tacna, Chocano y Véliz (2019) elaboraron un biofertilizante a base de alperujo del olivo, el cual formo 3 unidades de compostaje las cuales contenían estiércol vacuno, alperujo y vísceras de pescado donde se estudió la dinámica de la población microbiana, la temperatura y el pH durante el compostaje, también determinaron la relación C/N y porcentaje de humedad. Su proceso de compostaje duró 12 semanas, donde concluyeron que el 80 % de compostaje de estiércol vacuno y vísceras de pescado puede ser reemplazado por alperujo para obtener el biofertilizante.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Salinidad en Tacna, Perú y el Mundo

La salinidad es un problema que ha venido amenazando a los suelos agrícolas en América Latina 31, 000,000 ha tienen problemas de salinidad, destacando a Perú, Colombia, México, Chile y Ecuador. Viéndose afectado la producción de alimentos debido a que los cultivos en estas condiciones pierden su rendimiento (Padilla-Arzaluz, 2017).

La salinización ha aumentado con el tiempo, en especial en la costa del Perú. Debido a características geológicas y geomorfológicas, además de un deficiente drenaje de los suelos y mal manejo del agua para riego, que corresponde a los valles de las zonas costeras (Ramirez-Alaluna, 2016).

En Perú, el 50 % de los suelos agrícolas aumentó sus niveles de sales. Además, diversos estudios indican que la zona peruana costera tiene alrededor de 306.701 ha de superficie salinas, (Rocha-Yupanqui, 2019) recalcando distintos valles costeros como Piura con 16,8 ha Lambayeque con 37 ha, Zarumilla con 100 ha y Tumbes con 8,54 ha (Campoverde, 2012).

El nivel freático asciende en la parte baja de las cuencas, debido a la extensión de zonas de cultivo y en deficiencia en la adaptación de agua destinada al riego. Tacna cuenta con grandes espacios de tierra dedicados a la agricultura como es el distrito de La Yarada-Los Palos, conocido como el primer productor de aceituna en el Perú (Ramirez-Alaluna, 2016).

Este lugar al encontrarse en una zona costera cercana al mar y ser una zona desértica, propicia un escenario perfecto para que los suelos sean salinos; debido a la intrusión marina en las aguas subterráneas. Esto supone que el agua salada fluye hacia el subsuelo y se mezcla con la reserva de agua dulce. Esto vendría a ser un gran problema para los cultivos de La Yarada-Los Palos, debido a que el estrés salino puede provocar cambios fisiológicos y bioquímicos en el metabolismo de las plantas, que determinan su viabilidad y su productividad en estas condiciones, las plantas han establecido mecanismos de tolerancia para este propósito (Zúñiga-Escobar et al., 2011).

2.2.2. Suelos salinos en la agricultura

Se consideran diferentes aspectos para prevenir la salinización del suelo: método de riego, calidad del agua y drenaje. Los siguientes hechos son:

- Cuando la presión osmótica del suelo es baja, favorece el crecimiento de las plantas y la presión osmótica aumenta con la presencia de sal, dejando claro que los suelos salino-alcalinos reducen la productividad del suelo.
- La ley de Darcy determina el flujo de agua en el suelo.

- Después de eliminar la evaporación y evapotranspiración, las sales son llevadas por el agua y el agua se concentra en la solución del suelo. Si el secado va a nivel de la superficie, se formará un alto gradiente de succión, esto conduce a un incremento de las aguas subterráneas y las sales solubles que puede contener.
- La reducción o aumento de sal depende del equilibrio entre la sal, estos equilibrios son la sal eliminada por el movimiento de penetración, y el aporte provocado por el riego o el fenómeno capilar (Argüello, 2016).

2.2.3. Enmiendas orgánicas en la biorremediación de suelos

La biorremediación es una técnica que utiliza microorganismos con el fin de eliminar contaminantes presentes en el suelo. Una estrategia es utilizar residuos orgánicos para realizar la biorremediación. Se demostró que productos como el compost, la turba, la fibra de coco y la corteza de pino absorben iones en la solución del suelo (Nwachukwu y Pulford, 2011).

Además, se ha evaluado la eficacia de fertilizantes, abono y mulch para generar más rápido el lixiviado de Na^+ , reducir el PSI y la conductividad eléctrica, la capacidad de retener agua y aumentar la estabilidad de los agregados para la permeabilidad al agua. Aplicando enmiendas orgánicas para reparar y/o mejorar las características del suelo afectado en áreas desérticas, se puede mejorar el ciclo de nutrientes (Varnero et al., 2014).

2.2.4. Residuos industriales del olivo como alternativa de enmienda para suelos

Distintos estudios indican que al aplicar los residuos industriales del olivo crudo son una propuesta fácil para manejar los residuos producidos por las empresas, esto representa un beneficio para la reducción de posibles conflictos ambientales que una

incorrecta disposición final pueda generar, así mismo generaría una disminución de costos al momento de trasladar los residuos a distintas plantas de tratamiento, también habría una mejora en las propiedades del suelo, tanto químicas y biológicas y se disminuiría el uso de fertilizantes químicos aplicados al cultivo (Tortosa, 2011).

Algunos estudios indican que el orujo de olivo no puede ser aplicado directamente al suelo por los efectos fitotóxicos derivados de sustancias como los fenoles (Martín et al., 2003); la aplicación directa de orujo al suelo inmovilizaría el N disponible para las plantas, por lo que se recomienda un previo compostaje (Tejada-Valdez, 2013).

Estos residuos son una excelente opción de uso para abonos orgánicos y la obtención de enmiendas ya sea en estado líquido o sólido, la producción a escala industrial sería beneficiosa, principalmente por su alto contenido de Materia Orgánica, su contenido de minerales, estabilidad y su alto contenido de potasio y carbono, agregado a ello su valor económico es no válido, lo que hace que este producto proporciona la ganancia de materia Orgánica del suelo (Tortosa, 2011).

Además, en una investigación las características húmicas del compost de los residuos industriales del olivo, de gran interés por su alto contenido de materia orgánica y recientes ensayos han verificado la productividad del uso de extractos solubles de compost de los residuos industriales del olivo en el cultivo de leguminosas de alta utilidad tanto forestal como forrajero (Gonzalvez, 2005).

2.2.5. Propiedades del Alperujo

El alperujo tiene un contenido de agua del 56 %, un pH ácido de 5,4 y un contenido orgánico del 91 %, de los cuales el 35 % procede de naturaleza lignica. Además, el alperujo tiene un alto contenido de grasas (10 %) y un alto contenido de polifenoles solubles en agua (0,9 %), componentes que tienen cierta fitotoxicidad (Alburquerque et al., 2006).

Además, tiene contenido significativo de nitrógeno total (NT), principalmente orgánico, unido a su alto contenido de carbono orgánico total (COT), la relación C/N también es muy alta. Teniendo en cuenta el valor reconocido en el alperujo, el contenido de potasio (K) es relativamente bajo, y el contenido de fósforo (P), micronutrientes y metales pesados también se muestra bajo (Alburquerque et al., 2004, p.41).

2.2.6. Vermicompost como alternativa de gestión de residuos

El vermicompostaje está basado en la alimentación de algunas especies de lombrices, las lombrices tienen la capacidad de convertir los residuos orgánicos en materia rica en nutrientes (Mamani et al., 2012). Usar alperujo a raíz de los residuos producidos de una industria olivícola, muestra beneficios económicos y ecológicos, podemos decir que estos residuos, resultan ser no perjudiciales para el medio ambiente. Sin embargo, se recomienda mezclar alperujo con otros productos comúnmente utilizados para incrementar su potencial de compostaje (Canet y Albiach, 2008).

La materia orgánica y alperujo puede producir vermicompost con mejores características físicas y químicas (Cegarra et al., 2006).

2.2.7. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Consiste en el número de unidades del Carbono por unidad de nitrógeno de un material, en el que el Carbono da energía a los distintos microorganismos, en cuanto al nitrógeno este se presenta como el componente principal para la síntesis proteica. Una buena relación C/N da un correcto crecimiento y reproducción (Chocano y Veliz, 2019).

La relación C/N, se sabrá si un material orgánico se encuentra en descomposición. Los valores de C/N entre 50–80, significa que

la materia orgánica es elevada y hay poca actividad microbiana. Los valores entre 15 y 40, la degradación está cerca de lograr un equilibrio, e incorpora al suelo parte del nitrógeno liberado. Los valores próximos a 10, indica que la descomposición materia orgánica (MO) ha entrado en equilibrio, esto significa que las cantidades de carbono y nitrógeno son correctos para que el proceso no se retarde ni acelere (Sanchez, 2018).

Generalmente, los residuos vegetales tienen una relación C/N más alta, en cuanto al contenido de nitrógeno de las plantas este es menor en la madurez y es mayor cuando son jóvenes, en el caso de la relación C/N de los residuos de origen animal presentan una relación baja (Chocano y Veliz, 2019).

2.2.8. Beneficio de la presencia de Materia Orgánica en los suelos Salinos

Las materias orgánicas promueven el aumento de la productividad en suelos, mejoran la estructura, las plantas absorben de mejor manera los nutrientes, brindan nutrientes a los microorganismos, se aprovecha el agua, mejora de los suelos salinos, el coeficiente de infiltración, disminuyen los efectos negativos, en los cultivos y el suelo, del cloruro y sodio (Hernández, 2000).

Adicionar al suelo materias orgánicas, como lo son los estiércoles y compost, brinda numerosos beneficios a la estructura del suelo debido a que forma complejos arcillo-húmicos (Lal y Shukla, 2004).

El lavado y pérdida de los ácidos húmicos y fúlvicos y los nutrientes limitantes de la vida vegetal y microbiana del suelo como lo son el nitrógeno y el fósforo, desembocan en un déficit considerable de materia orgánica en el suelo y en la alteración de los ciclos biogeoquímicos, lo que incide negativamente sobre las condiciones ecosistémicas del mismo (García et al., 2005).

La materia orgánica presente en las enmiendas disminuye la densidad del agregado, contribuyendo en la descompactación del suelo y a la formación de espacios porosos, que facilitan la infiltración de agua, el paso del aire y la formación de colonias bacterianas nativas del suelo (Carcava et al., 2002).

2.2.9. El estiércol vacuno como abono en compost

El estiércol de vaca es considerado como un buen material para el compostaje. Tienen la capacidad de compostarse por sí mismo o utilizarse como estructurante de otros residuos orgánicos más desequilibrados en carbono y nitrógeno. Estos funcionan para equiparar la relación Carbono/Nitrógeno, aporta microorganismos, materia orgánica y estructura física a la mezcla. Puede aplicarse en distintas proporciones entre 10 % a 20 %, pero para mayor efectividad es mejor el 50 % en cuanto al volumen con otro residuo con un escaso contenido en nitrógeno y alto contenido de carbono (Tortosa, 2019).

2.2.10. Condiciones ambientales para el desarrollo de la Lombriz Roja (Eisenia Foetida)

La Lombriz Roja (*Eisenia Foetida*) el rango óptimo que debe mantener de temperatura para obtener un buen desarrollo, debe de oscilar a los 25 °C, en condiciones controladas (Martínez, 2000).

A sí mismo, la Lombriz Roja (*Eisenia Foetida*) necesita de mucha humedad, requerida para poder desplazarse a través de sus heces, facilitando su segmentación, para que estas puedan respirar. La humedad que se recomienda va de entre los 75 % a 80 % aproximadamente (Somarriba y Guzmán, 2004). De otra manera, existen diferentes formas para poder conocer el porcentaje de humedad de un sustrato, es conocida por ser muy fácil y sin necesidad de usar algún aparato, la prueba de puño, esta técnica consiste en tomar parte del sustrato con el puño de una mano para después emplear fuerza, si salen de 8 a 10 gotas esto quiere decir

que tenemos una humedad alrededor de un 80 % aproximadamente (Escobar et al., 1998).

El pH es realmente imprescindible; lo idóneo es que vaya de entre 6,5 y 7,5, si los niveles de pH llegan a estar a un nivel básico o ácido puede ocasionar serios problemas a la lombriz, ya que este puede llegar a provocar grandes daños en la lombriz e incluso la muerte. Igualmente, la lombriz indica si el material está listo para poder vivir en él (Martínez, 2000).

En cuanto a la radiación, la luz natural o artificial, no debe incidir directamente sobre su hábitat, los rayos ultravioletas son mortales para las lombrices, por esta razón es que la luz natural o artificial no debe caer directamente sobre su hábitat (Escobar et al., 1998).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Análisis de salinidad del suelo

La salinidad del suelo se puede medir en dos formas diferentes como: medir directamente en pasta saturada y se mide por la conductividad eléctrica (CE) en el extracto saturado. En distintos informes sobre salinidad del suelo involucra la CE de extractos saturados (Castellanos, 2004).

2.3.2. Compost

Fertilizante orgánico obtenido por descomposición natural de desechos orgánicos por microorganismos en presencia de oxígeno (Ramos y Terry, 2014).

2.3.3. Salinidad

Producido por actividades naturales y humanas en todas las superficies de suelo, resultando en una mayor o menor

almacenamiento de sal que afecta la fertilidad del suelo (Flores et al., 1996).

2.3.4. Suelo

Compuesto por plantas, materia orgánica, minerales y animales muy pequeños, agua y aire. Capa fina que, durante años, debido a los cambios en el agua, la temperatura y el viento, las rocas de la superficie se desintegran y se forman muy lentamente (FAO, s.f).

2.3.5. Suelo salino

La salinización del suelo prevalece en zonas áridas y semiáridas, en la que se genera grandes escasez de productividad por los daños a las distintas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Rodríguez et al., 2006).

2.3.6. Vermicompost

Procedimiento que incluye agregar lombrices para acelerar la transformación de los desechos orgánicos. Estimulan el proceso de humificación y mineralización para obtener un sustrato duradero y sesudo. Provee sustancias necesarias para el progreso de las plantas y afecta positivamente el crecimiento de las plantas (Beltrán-Morales et al., 2016).

2.3.7. Materia Orgánica

Conjunto de compuestos orgánicos como microorganismos, residuos animales y residuos vegetales, presentes en sus diferentes fases de degradación, células y tejidos del suelo y diferente materia sintetizada existente en el sedimento (Roman et al., 2013).

2.3.8. Relación C/N

Es un índice determinado por el contenido de C orgánico y N total, se le considera como un índice de la descomposición de materia orgánica del suelo (Soto-Mora et al., 2016).

2.3.9. Alperujo

Se trata de la mezcla de orujo y alpechín, subproducto del centrifugado de las aceitunas durante la elaboración del aceite, el cual se aprovecha como combustible o abono (Alvarez Serafini y Tonetto, 2019).

2.3.10. Lombrices Californianas

Poseen un cuerpo segmentado, alargado y con simetría bilateral. Tienen sensibilidad a la luz, los rayos ultravioletas la perjudican gravemente, además de una alta humedad, la sobre alimentación y la acidez del medio. Se alimentan de desechos orgánicos (Tenecela-Yuqui, 2012).

2.3.11. Suelo franco arenoso

Este sustrato posee un contenido de humedad de media a alta y destaca su textura franca, por sus características se usa para la producción agrícola. Se extrae de campos de cultivo, para usarlo en viveros, de ser preciso debe tomarse en cuenta la cercanía de una fuente de tierra de chacra (Mondragón, 2016).

2.3.12. Cáscara de papa

Capa protectora de la papa, dicha cáscara contiene un alto valor vitamínico y son ricas en nitrógeno lo que aporta a los compost múltiples nutrientes, tiene un gran contenido de almidón de excelente textura demuestra tener potente actividad antioxidante, parecido a otros antioxidantes sintéticos y previene la oxidación de

lípidos, prolongando el tiempo de conversación de los mismos (Marcial, 2013).

2.3.13. Turba

La turba son tejidos vegetales, procedentes de la descomposición de vegetales, este material color pardo u oscuro, dependiendo el tipo, suele ser muy rico en carbón, así mismo la presencia de patógenos vegetales en la turba es sumamente baja, ya que se encuentra en zonas remotas, especialmente en un ambiente fisicoquímico agresivo (Acevedo-Alcalá et al., 2020).

2.3.14. Estiércol de vaca

El estiércol de vaca es un material usado para realizar compost, ya que este tiene la capacidad de mejorar el nitrógeno y otros alimentos sustanciosos al compost, así mismo es considerado como un buen inóculo microbiano en el desarrollo del compost (Tortosa, 2019).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

- El tipo de investigación Explicativa es utilizada para explicar el comportamiento de una variable en función de una a más variables independientes. Este tipo de estudio permite explicar, comprender e interpretar el por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones. Además, se busca encontrar las causas del problema.

3.1.2. Diseño de investigación

- El diseño de investigación es un diseño de laboratorio, debido a que la investigación se llevó a cabo en un ambiente creado y el laboratorio de la facultad de ingeniería de la Universidad Privada de Tacna.

3.2. Población y/o muestra de estudio

3.2.1. Población

3.2.1.1. Descripción de la población

En el caso particular de esta investigación, la población objeto de estudio, estuvo representada por los suelos del Fundo Berríos (Ver Anexo 2), ubicado en el Sector del Asentamiento 5 y 6, de una extensión de ocho hectáreas en el Distrito La Yarada – Los Palos. (Ver Anexo 15 y Anexo 16).

3.2.2. Muestra de estudio

3.2.2.1. Descripción de la muestra

La muestra a usar será por conveniencia no probabilística y las cantidades son (Ver Anexo 4 y 5):

- Mezcla (tierra/turba/estiércol): 225 kg
- Alperujo: 45 kg
- Cáscara de papa: 4,5 kg

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variab	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
Salinidad	Contenido salino del suelo.	-Conductividad eléctrica -pH	dS/m mV
Vermicompost	Procedimiento que incluye agregar lombrices para acelerar la transformación de los desechos orgánicos.	-Humedad -Temperatura -pH -Mezcla de turba, suelo franco arenoso y estiércol -alperujo -cáscara de papa	% °C mV Kg

Tabla 2*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
Parámetros Físicoquímicos	Humedad	El porcentaje de humedad de cada vermicompostera.	% Humedad/tratamiento
	Temperatura	La Temperatura de cada vermicompostera.	Temperatura en °C/tratamiento
	pH	El pH obtenido de cada vermicompostera.	Escala de pH
Análisis de Acción de Vermicompost en el Suelo	pH	El pH obtenido después de los 28 días de incubación.	pH/tratamiento
	CE	El CE obtenido después de los 28 días de incubación.	dS/m
	Relación C/N	Obtenido de cada tratamiento.	Relación C/N/tratamiento
Parámetros biológicos	Materia Orgánica	El Porcentaje de Materia Orgánica de cada vermicompostera.	% M.O./tratamiento

Nota. Esta tabla muestra las variables dependiente e independiente con definición, dimensión e indicadores.

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Se realizaron 15 tratamientos con concentraciones diferentes de la mezcla (turba, estiércol vacuno y suelo franco arenoso), alperujo y cáscara de papa (Ver Anexo 5); para precisar si en los parámetros fisicoquímicos existen diferencias significativas entre los tratamientos. Así mismo, el vermicompost fue aplicado como enmienda orgánica a los suelos del distrito La Yarada – Los Palos, debido a que presentan salinidad alta, para establecer si hay diferencia en la salinidad después de un tiempo de su aplicación.

Para la primera etapa experimental se realizaron 15 tratamientos, donde se empleó una mezcla de suelo franco arenoso (66,18 kg), turba (26,47 kg) y estiércol vacuno (132,35 kg) (Ver Anexo 7); dispuesta en cada compostera junto a alperujo de olivo y cáscara de papa en la siguiente proporción:

- T1 (Tratamiento 1): 88 % Mezcla + 9 % Alperujo + 3 % Cáscara de papa
- T2 (Tratamiento 2): 74 % Mezcla + 22 % Alperujo + 4 % Cáscara de papa
- T3 (Tratamiento 3): 75 % Mezcla + 24.5 % Alperujo + 0.5 % Cáscara de papa
- T4 (Tratamiento 4): 82 % Mezcla + 16 % Alperujo + 2 % Cáscara de papa
- T5 (Tratamiento 5): 91 % Mezcla + 6 % Alperujo + 3 % Cáscara de papa
- T6 (Tratamiento 6): 82 % Mezcla + 16 % Alperujo + 2 % Cáscara de papa
- T7 (Tratamiento 7): 94 % Mezcla + 5 % Alperujo + 1 % Cáscara de papa
- T8 (Tratamiento 8): 65 % Mezcla + 33 % Alperujo + 2 % Cáscara de papa
- T9 (Tratamiento 9): 85 % Mezcla + 13 % Alperujo + 2 % Cáscara de papa
- T10 (Tratamiento 10): 76 % Mezcla + 23 % Alperujo + 1 % Cáscara de papa

- T11 (Tratamiento 11): 74 % Mezcla + 24 % Alperujo + 2 % Cáscara de papa
- T12 (Tratamiento 12): 93 % Mezcla + 6 % Alperujo + 1 % Cáscara de papa
- T13 (Tratamiento 13): 82 % Mezcla + 16 % Alperujo + 2 % Cáscara de papa
- T14 (Tratamiento 14): 79 % Mezcla + 20 % Alperujo + 1 % Cáscara de papa
- T15 (Tratamiento 15): 86,6 % Mezcla + 13 % Alperujo + 0,4 % Cáscara de papa

3.4.1. Para la toma de muestra

- a) Se realizó el análisis de salinidad del suelo del Distrito La Yarada–Los Palos para identificar cuánto de conductividad eléctrica presentaba en el extracto de saturación. Se realizó un muestreo representativo del Fundo Berrios donde se empleó el método de Zig-Zag, donde se tomó 8 puntos de muestreo de 40 cm de profundidad, obteniendo 8 submuestras las cuales se mezclaron en una sola, donde se extrajo 1 kg de suelo para posteriormente llevarla a analizar. Para poder realizar los cálculos de proporción carbono/nitrógeno de cada componente de los tratamientos se tuvo que realizar muestras de humedad a través de la pérdida de peso mediante el método de secado.
- b) Se realizó la medición parámetros fisicoquímicos (humedad, temperatura y pH) en las composteras cada semana durante el proceso de compostaje.
- c) Finalizado los dos meses de compostaje se procedió a llevar de cada tratamiento, muestras del vermicompost al laboratorio para obtener la relación C/N de cada experimento.
- d) En la segunda etapa, de las 15 composteras se extrajeron pequeñas muestras de humus las cuales junto con tierra salina fueron llevadas a incubación en proporciones de 1 %, 5 % y 10

%, durante 28 días a 28 °C y 80 % de humedad. Se tomó muestras del suelo tratado a los 9, 18 y 28 días desde la aplicación de vermicompost y se evaluó conductividad eléctrica, pH y humedad.

3.4.2. Para evaluar los parámetros en laboratorio

3.4.2.1. Parámetros fisicoquímicos

- **Determinación de pH**
- *Procedimiento del 4 en 1 soil survey*

Nos aseguramos que el equipo este calibrado para poder usarlo, se encendió el equipo y se sustrajo delicadamente la funda de protección para utilizar la sonda de prueba, luego se introdujo el equipo en el suelo para obtener los resultados y retiramos el equipo de la mezcla y lavamos la varilla con agua destilada (Ver Anexo 8).

- *Procedimiento de Medición de suelo con Tiras Reactivas de pH*

Se hizo la mezcla en un recipiente pequeño con 10 gr de suelo y 90 gr de agua destilada. Al momento de manipular el sustrato se utilizó una cuchara. Luego se removió la mezcla de suelo/agua con una cuchara durante 30 segundos y se dejó reposar por 3 minutos y finalmente a los 3 minutos se sumergió la Tira Reactiva de pH en la mezcla por no más de 5 segundos y se registró el valor de pH, según la colorimetría (Beretta et al., 2014).

- *Procedimiento pH 7310. Método potenciométrico*

Se pesó 20g de muestra y se pasó por un tamiz de 0,5 mm. Una vez tamizado se pasó a un vaso precipitado de 100 – 150 ml. Luego se añadió 50 ml de agua destilada. Se agitó con una varilla hasta mezclar de forma homogénea. Después se agito a un intervalo de 10-15 min durante 1 hora. Pasado el tiempo indicado se leyó la muestra con el potenciómetro el valor de pH (Ver Anexo 12) (Paneque et al., 2010).

- **Determinación de la temperatura**

Para determinar la temperatura del suelo se sobre puso un termohigrómetro digital con sonda en el sustrato. Primeramente, humedecemos las composteras antes de comenzar a trabajar con el Termo Higrómetro. Una vez realizado este paso, recién nos disponemos a colocar sobre la mezcla el Termo Higrómetro por un minuto para que la medición se estabilice y poder registrar la temperatura correcta. El proceso se repite para todas las composteras (Ver Anexo 8) (Viguera, 2004).

- **Determinación de humedad**

Se pesó un recipiente limpio y seco para registrar los datos, luego se distribuyó la muestra en el recipiente haciendo un cuarteo. Se pesó el recipiente y se registró los datos. Seguido a ello se colocó el recipiente con la muestra húmeda en el horno termostático a una temperatura de 110 ± 5 °C. Hasta obtener una masa constante en un lapso de 15 a 16 horas. Cumplidas las horas se retiró la muestra del horno y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Finalmente se pesó el recipiente con la muestra y se registró el dato,

para realizar el cálculo de contenido de humedad (W %) con la Ecuación (1) (Chávez Burgos, 2015).

Cálculo:

$$w = \frac{W1 - W2}{W2 - W1} \times 100 = \frac{Ww}{ws} \times 100 \quad (1)$$

W = es el contenido de humedad, (%)

WW = Peso del agua

WS = Peso seco del material

W1 = es el peso de tara más el suelo húmedo, en gramos

W2 = es el peso de tara más el suelo secado en horno, en gramos:

Wt = es el peso de tara, en gramos

- **Determinación de la relación Carbono/Nitrógeno**
- **Determinación por Calcinación para carbono**

Se secó la muestra de sustrato a unos 105 °C en la estufa por 24 horas. y se pesó de forma exacta la cápsula de porcelana para colocarlo dentro de la capsula de porcelana y obtener un peso de suelo secado a 105 °C. (Ver Anexo 14) Luego se calcina la muestra a 550 °C por unas 5 horas. y se enfrió en un desecador, para pesarlo con aproximación de 0,001 g. (Ver Anexo 14) Posteriormente la muestra calcinada con el crisol a 550 °C se volvió a calcinar a 950 °C por 5 horas (Ver anexo 13), pasadas las 5 horas se enfrió el crisol y se pesó con aproximación de 0,001 g (Ver Anexo 9) y finalmente se calcula en la pérdida de peso a 950 °C con la Ecuación (2) (Hidrobo y Méndez, 2016).

Cálculo:

- a) Peso seco a 105 °C por 12 horas.
- b) Calcinación a 550 °C

c) Calcinación a 950 °C



$$\begin{aligned} & \text{Pérdida de peso a } 950\text{ }^\circ\text{C} \\ & = \frac{(\text{peso seco a } 550^\circ\text{C} - \text{peso seco a } 950^\circ\text{C})}{\text{peso seco a } 105^\circ\text{C}} \times 100 \end{aligned} \quad (2)$$

- **Método de Kjendahl para nitrógeno**

Se pesó 1 gr. de suelo para ser transferido al tubo de digestión y dos tubos de digestión uno para el punto blanco y otro para la muestra, se añade 7 ml de ácido sulfúrico concentrado a cada tubo por igual, se agita con cautela y luego se coloca el conjunto de tubos al digestor, se tapa para la extracción de gases sulfurosos y se extrae los gases de la unidad. Posteriormente se enciende el digestor y se deja la muestra por 3 horas a 380 °C, se deja enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente y se añadió 50 ml de agua destilada y dejar reposar. Antes de comenzar a destilar se limpió el destilador con una muestra de agua libre de nitrógeno. Luego añadiremos 10 ml de ácido bórico a ambos tubos con el indicador en un frasco de Erlenmeyer para que vire. Una vez acabada la limpieza del destilador, colocamos el Erlenmeyer en la salida del destilador y el condensar lo enfría. Para la titulación añadimos 20 ml de hidróxido sódico y recogemos de entre 80 y 100 ml de destilado. Por último, titulamos con ácido sulfúrico 0,1 normal, hasta que se produzca el viraje de color. En el caso del blanco si no hay viraje se anotara directamente 0 ml y se calcula en la Ecuación (3) (Paneque et al., 2010).

$$N.T. (\%) = \frac{(a - b) \times N \times 0.014}{P} \times 100 \quad (3)$$

a = ml de ácido sulfúrico 0.1 N requerido para valorar la muestra

b = ml de ácido sulfúrico 0.1 N requerido para valorar el blanco

p = peso (g) de muestra analizada

0.014 = meq de nitrógeno en gramos

N = Normalidad del ácido sulfúrico

Tabla 3

Parámetros de la relación Carbono/Nitrógeno

C:N		Causas Asociadas
>35:1	Exceso de Carbono	Existe una cantidad de material rico en carbono. El proceso se enfría y ralentiza
15:1 – 35:1 Rango Ideal		
<15:1	Exceso de Nitrógeno	Hay mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso se calienta en exceso y se genera malos olores por el amoniaco.

Nota. Tabla extraída del Manual de Compostaje del Agricultor (Román et al., 2013).

- **Determinación de Conductividad Eléctrica**

Se tomó una muestra de suelo de 25 gr y se vertió en un recipiente de plástico. Luego se agregó 25 gr de agua destilada al envase con la submuestra. El resultado de la mezcla suelo/agua, corresponde a una relación 1:1, en base a volúmenes y se colocó la tapa sobre el envase. Se agito enérgicamente y finalmente se introdujo el medidor Dist WP 4 en la mezcla de suelo/agua. La lectura de conductividad eléctrica se anotó en la hoja de datos de suelo, en

decisiemens por metro (dS/m) y se dividió la lectura entre 10, debido a que usamos un Microsensor 4 (Luters y Salazar, 2000).

Tabla 4

Clasificación de Suelos para salinidad de Acuerdo a los Rangos de Conductividad Eléctrica.

Clasificación del suelo	Salinidad (CEe Ds/m)
	FAO (2008)
Muy Bajo	< 2
Bajo	2 - 4
Moderado	4 – 8
Elevado	8 – 16
Muy Alto	>16

Fuente: (FAO et al., 2009).

3.4.2.2. Parámetros biológicos

- **Determinación de materia orgánica por método de calcinación**

Se introdujo 15 crisoles y 15 muestras, se llevó al horno mufla a de Temperatura ambiente 20 °C por 24 horas, es m1. Llega a 105 °C se enfría en el desecador por 5 a 6 horas, es m2, seguidamente se puso en la mufla a 350 °C por 6 horas, luego se retiró para enfriamiento en desecador por 2 hora, se pesa m3. Para determinar la materia orgánica se establece gravimétricamente y se calcula la diferencia entre los pesos iniciales y finales de la muestra dividida por el peso inicial de la muestra por 100 en la Ecuación (4) (Schumacher, 2002).

$$\% MO = \frac{(\text{Peso } 105^{\circ}\text{C} - \text{Peso } T^{\circ} \text{ calcinación})}{\text{Peso } 105^{\circ}\text{C}} \times 100 \quad (4)$$

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Para la obtención de vermicompost, los datos obtenidos fueron analizados mediante un diseño de superficie respuesta Box-Behnken, el cual nos permitió obtener las distintas combinaciones entre los distintos componentes, ya que el diseño permite una estimación eficiente de los coeficientes de primer y segundo orden. A través de este diseño se realizó 15 unidades experimentales.

El modelo cuadrático que se usó para el diseño de superficie respuesta Box-Behnken es la siguiente Ecuación (5):

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=2}^k \beta_{ij} X_i X_j \quad (5)$$

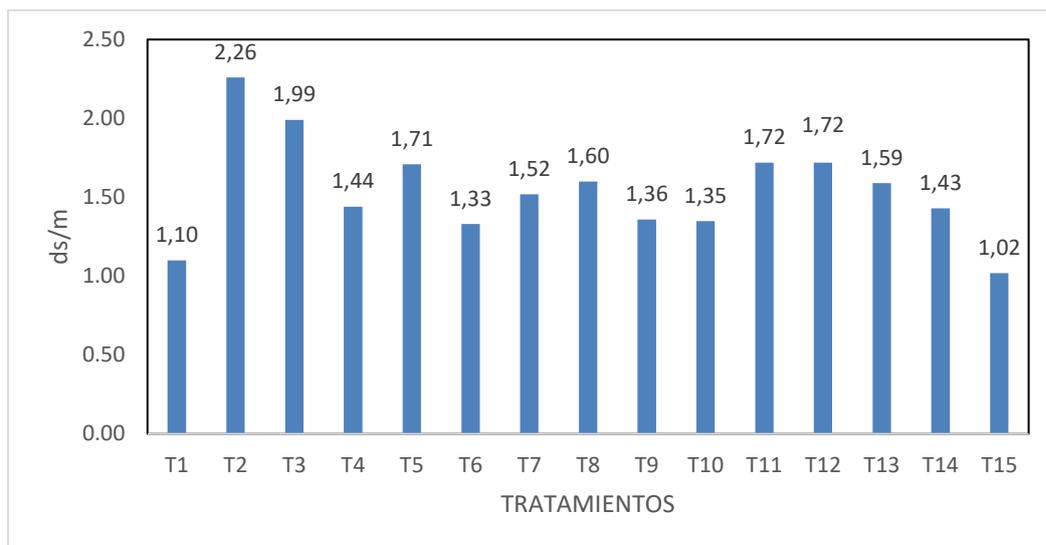
Donde β_0 es el término compensatorio; β_i es el término dependiente o el efecto lineal del factor de entrada X_i ; β_{ii} es el efecto cuadrático del factor de entrada X_i y β_{ij} es el efecto de interacción lineal- lineal entre el factor de entrada X_i y X_j .

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Disminución de Salinidad del Suelo usando vermicompost

Figura 1

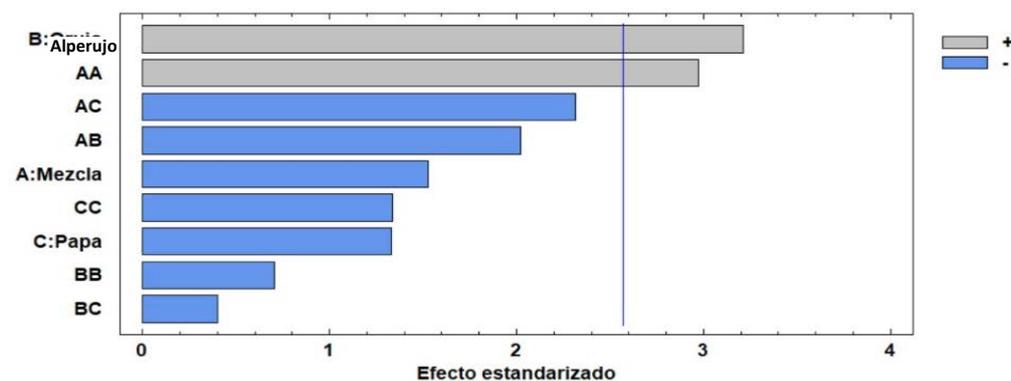
Disminución de conductividad eléctrica en 15 tratamientos de vermicompost aplicados en suelos de La Yarada-Los Palos



La **Figura 1** indica que el tratamiento 2 tiene la mayor disminución de conductividad con un valor de 2,26 ds/m y el tratamiento 15 el que menos disminuyó, bajando sólo 1,02 dS/m.

Figura 2

Diagrama de Pareto estandarizado para la disminución de la conductividad del suelo

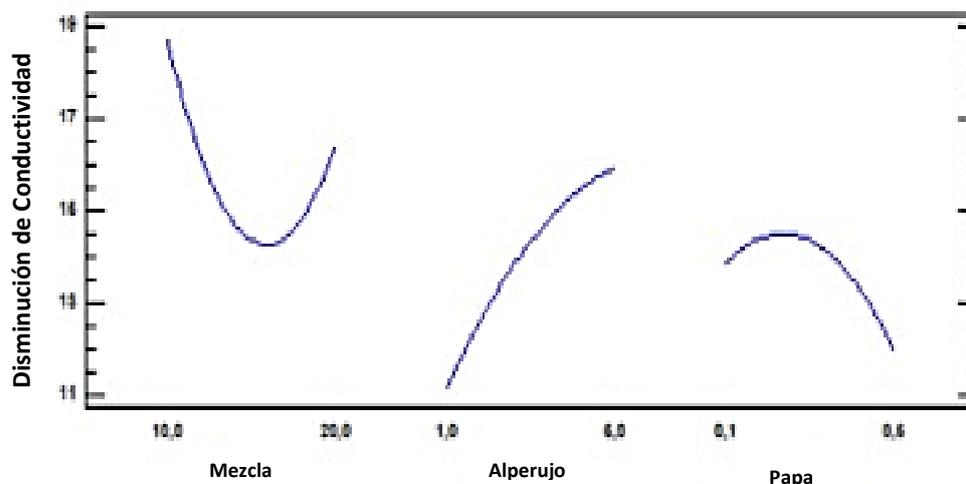


Nota. La línea nos indica una significancia de $*p < .05$.

La **Figura 2** indica el efecto de las variables en estudio sobre la disminución de la conductividad en una mezcla de suelo con vermicompost. Se observa que las variables alperujo y la interacción de mezcla incrementan el efecto de la disminución de la conductividad significativamente y la cáscara de papa disminuye, aunque esto no es significativo. No existe una interacción significativa entre dos variables diferentes.

Figura 3

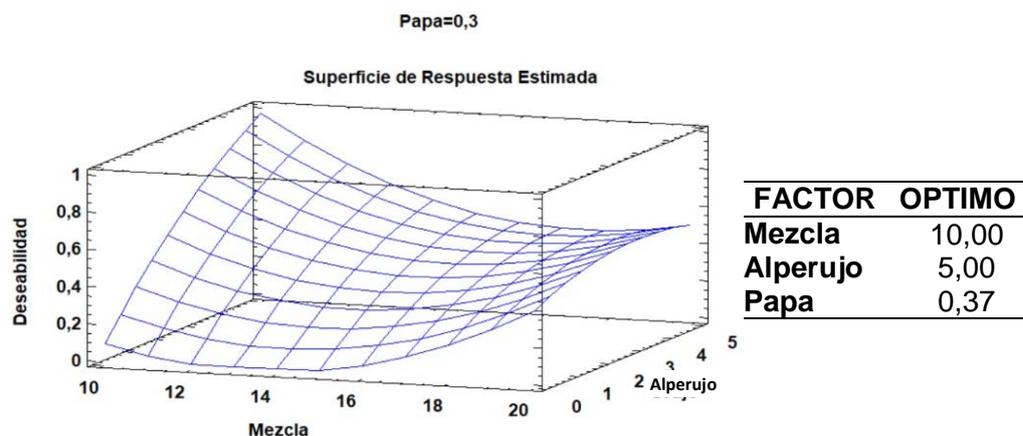
Gráfica de efectos principales para disminución de conductividad



En la **Figura 3** se evidencia el efecto de las variables y podemos observar los valores óptimos en el que se puede disminuir la conductividad con las concentraciones de las variables estudiadas, la variable mezcla tiene un mayor efecto en el valor de 10, el alperujo con un valor de 5 y la cáscara de papa con un valor de 0,37.

Figura 4

Superficie de respuesta estimada de la disminución de conductividad



$$\begin{aligned} \text{Conductividad} = & 18,3527 - 2,7185 * \text{Mezcla} + 5,77125 * \text{Orujo} + 55,8438 * \text{Papa} \\ & + 0,128083 * \text{Mezcla}^2 - 0,20925 * \text{Mezcla} * \text{Orujo} - \\ & 2,4 * \text{Mezcla} * \text{Papa} - 0,190729 * \text{Orujo}^2 - 1,0375 * \text{Orujo} * \text{Papa} \\ & - 36,0104 * \text{Papa}^2 \end{aligned}$$

La **Figura 4** de superficie respuesta estimada muestra la influencia de la mezcla y el alperujo para disminuir la conductividad del suelo.

4.2. Análisis de Salinidad del Suelo

Tabla 5

Análisis de salinidad de suelo del Fundo Berrios, La Yarada-Los Palos

Saturación	pH	C.E. Ext.	Cationes Solubles (meq/L)					PSI
	Pasta	St.	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	
%	Sat.	dS/m						
33	7,66	16,60	38,00	34,00	6,47	106,09	184,56	5,56

Nota. Análisis realizado en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La **Tabla 4** nos muestra el análisis de salinidad realizada en el extracto de saturación donde la conductividad eléctrica fue de 16,60 dS/m, indicando una salinidad muy alta.

4.3. Elaboración de Vermicompost a partir de residuos industriales del olivo

Tabla 6

Corridas experimentales de superficie respuesta Box-Behnken

Tratamientos	Mezcla (kg)	Alperujo (kg)	Papa (kg)
T1	10	1	0,3
T2	10	3	0,5
T3	15	5	0,1
T4	15	3	0,3
T5	15	1	0,5
T6	15	3	0,3
T7	20	1	0,3
T8	10	5	0,3
T9	20	3	0,5
T10	10	3	0,1
T11	15	5	0,5
T12	15	1	0,1
T13	15	3	0,3
T14	20	5	0,3
T15	20	3	0,1

La **Tabla 5** muestra el diseño Box-Behnken, el cual nos permite saber las distintas combinaciones entre los componentes, permitiendo conocer una estimación eficiente de los coeficientes.

Tabla 7*Número de Lombrices (Eisenia Foetida)*

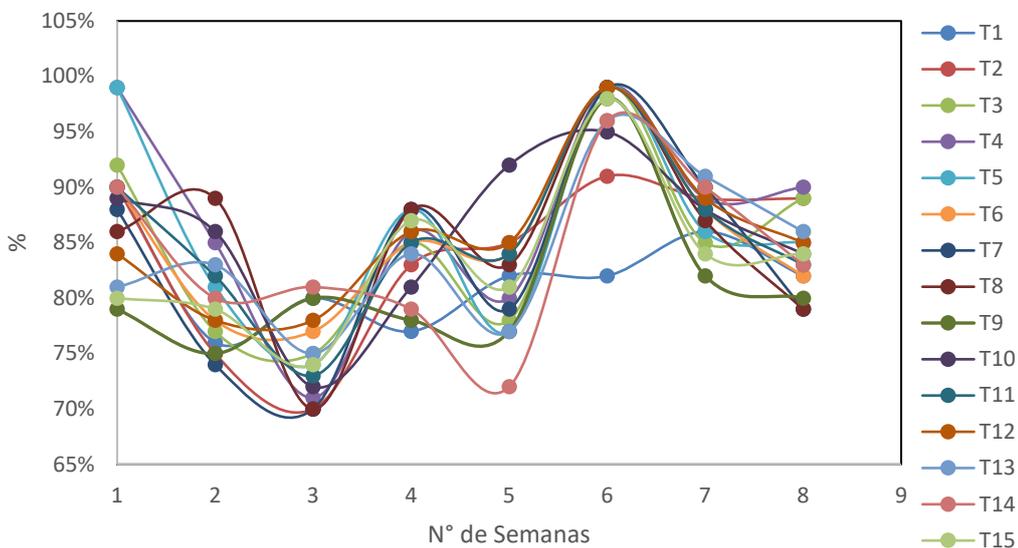
Tratamientos	N° de Lombrices
T1	39
T2	51
T3	64
T4	53
T5	25
T6	38
T7	37
T8	31
T9	49
T10	36
T11	46
T12	39
T13	21
T14	20
T15	30

La **Tabla 6** indica la cantidad de lombrices en un área de 4940 cm³ por compostera en los 15 tratamientos. Se evaluó semanalmente el pH, temperatura y humedad de las composteras.

4.4. Parámetros Físicoquímicos durante el vermicompostaje

Figura 5

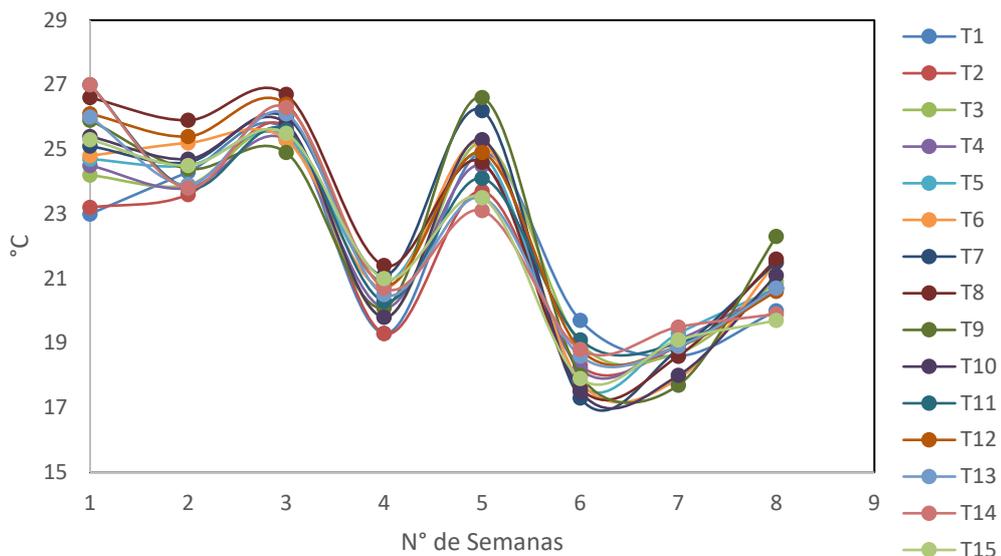
Humedad de ocho semanas de control de vermicomposteras



En la **Figura 5** las curvas representan los 15 tratamientos donde cada punto señala el porcentaje de humedad correspondiente a la semana donde fue tomado el dato durante los dos meses de compostaje.

Figura 6

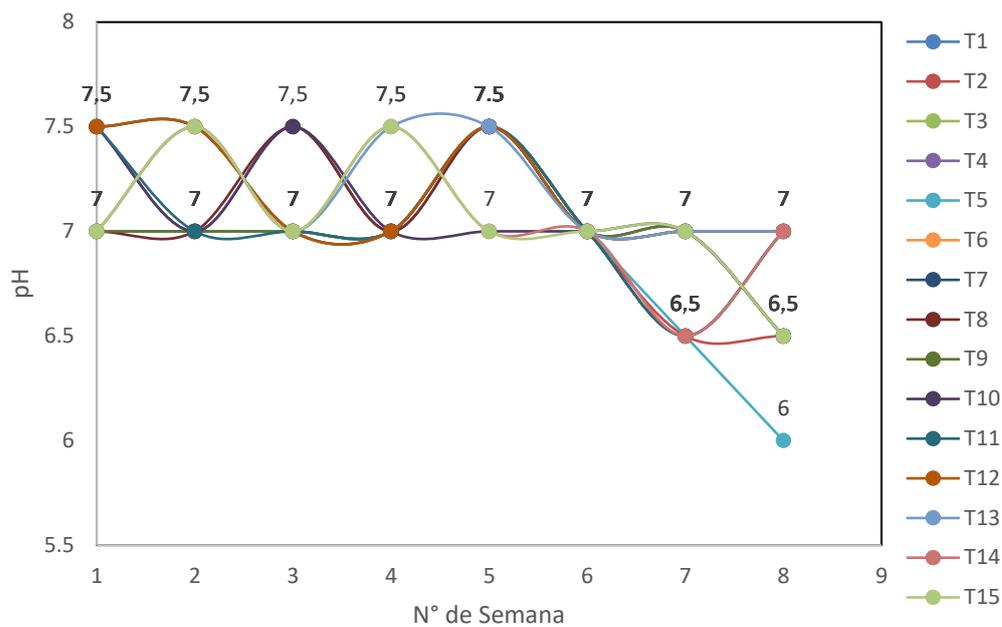
Temperatura de las ocho semanas de control de vermicomposteras



La **Figura 6** muestra los valores de Temperatura tomados de las 15 composteras en las ocho semanas de control de vermicompost que van de 27 °C a 19,7 °C, siendo el valor de temperatura más bajo de los 15 tratamientos.

Figura 7

Potencial hidrógeno de ocho semanas de control de vermicomposteras

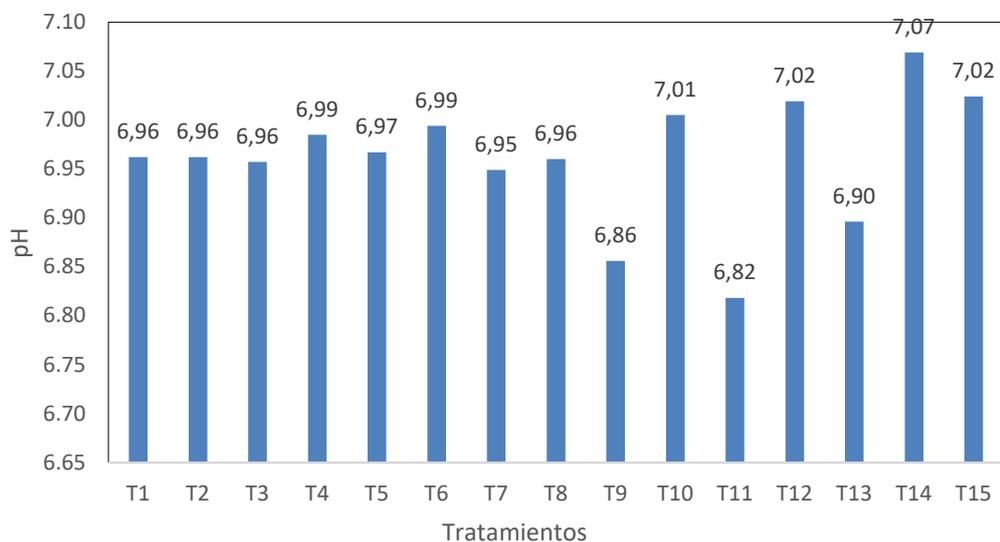


La **Figura 7** indica los valores de pH tomados de las 15 composteras en las ocho semanas de control de vermicompost que van desde 6 hasta 7,5 indicando un pH neutro.

4.5. Aplicación de Vermicompost en Suelo Salino

Figura 8

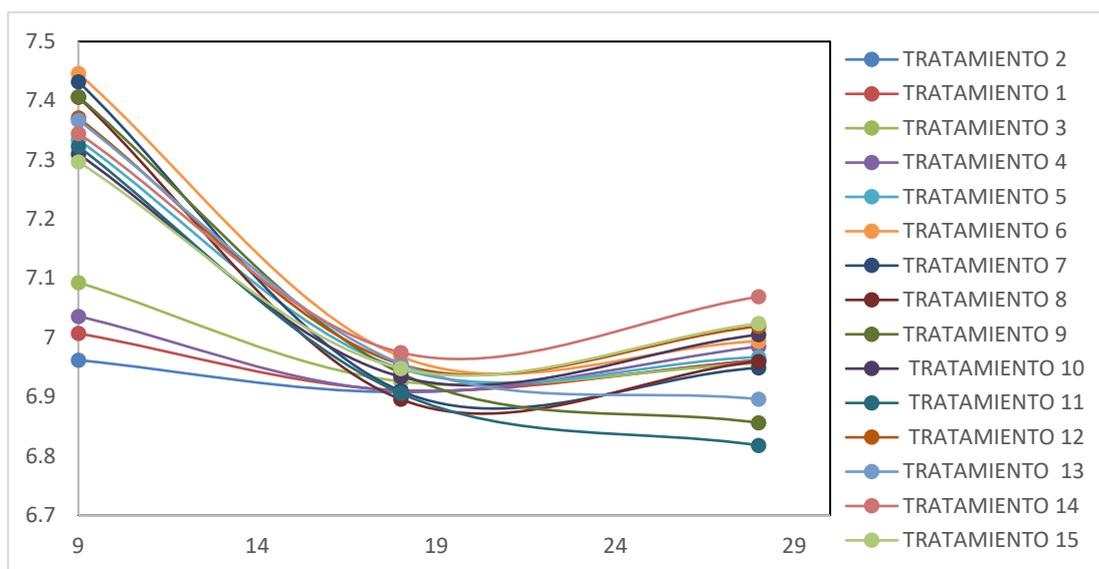
Potencial hidrógeno a los 28 días de incubación



La **Figura 8** muestra el pH del vermicompost a los 28 días de incubación, donde el tratamiento 14 tiene el pH máximo de 7,07 y como mínimo de 6,82 en el tratamiento 11.

Figura 9.

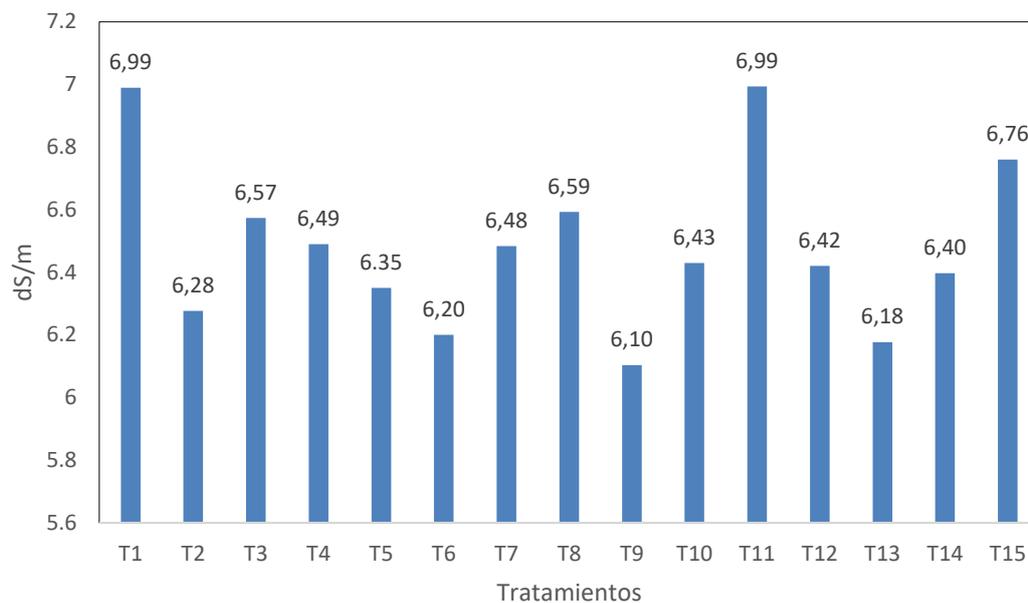
Evolución del potencial de hidrógeno en 15 tratamientos de vermicompost



La **Figura 9** representa la evolución del pH en el periodo de incubación de los 15 tratamientos, que van de 7,4 el valor máximo y 6,8 el valor mínimo.

Figura 10

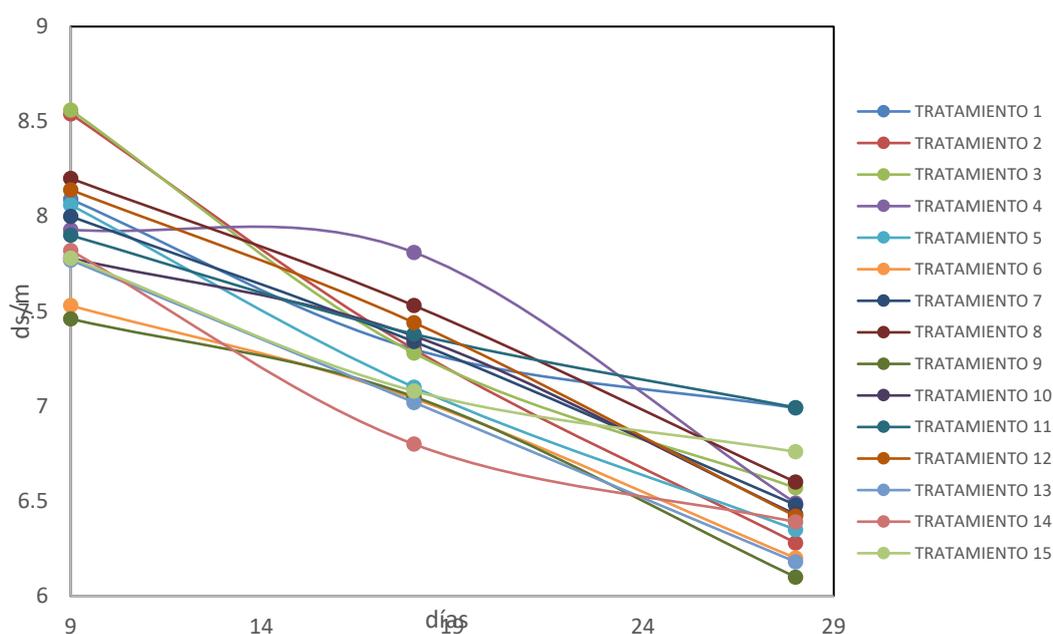
Conductividad eléctrica a 28 días de incubación



La **Figura 10** nos muestra los resultados de la conductividad eléctrica a los 28 días de incubación del vermicompost, donde indica que el tratamiento 9 tuvo la mayor disminución de conductividad con un valor de 6,10 dS/m y los tratamientos 1 y 11 fueron los que menos disminuyeron con un 6,99 dS/m de conductividad.

Figura 11

Evolución de la conductividad eléctrica en 15 tratamientos



La **Figura 11** representa la evolución de la conductividad eléctrica de todos los tratamientos durante el periodo de incubación, que van de 8,56 dS/m a el valor mínimo 6,1 dS/m.

Tabla 8

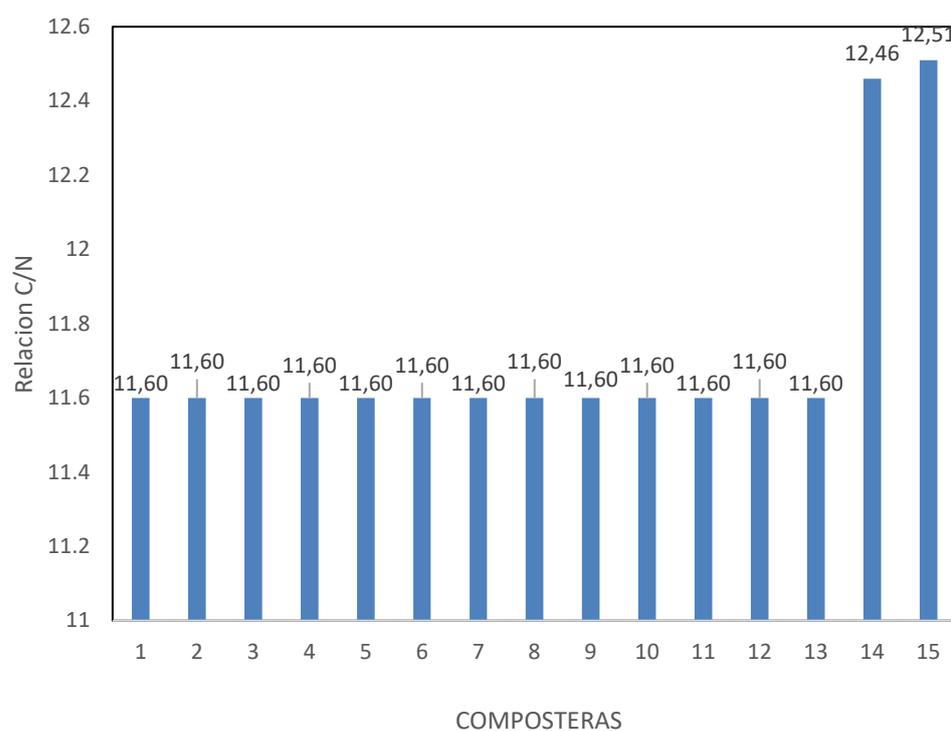
Porcentaje de reducción de conductividad eléctrica de suelos de La Yarada-Los Palos

Conductividad Eléctrica			
C.E del Suelo (dS/m)	C.E Promedio de VC+tierra (dS/m)	Reducción C.E (dS/m)	Porcentaje reducción C.E (%)
16,6	6,5	10,1	60,84

La **Tabla 7** indica la conductividad del suelo inicial de 16,6 dS/m, 6,5 dS/m es el promedio de conductividad eléctrica de vermicompost:tierra, la reducción es la diferencia de la conductividad eléctrica del suelo inicial y el promedio siendo 10,1 dS/m y 60,84 % es el porcentaje de la reducción.

Figura 12

Relación C/N del vermicompost de las 15 compostera

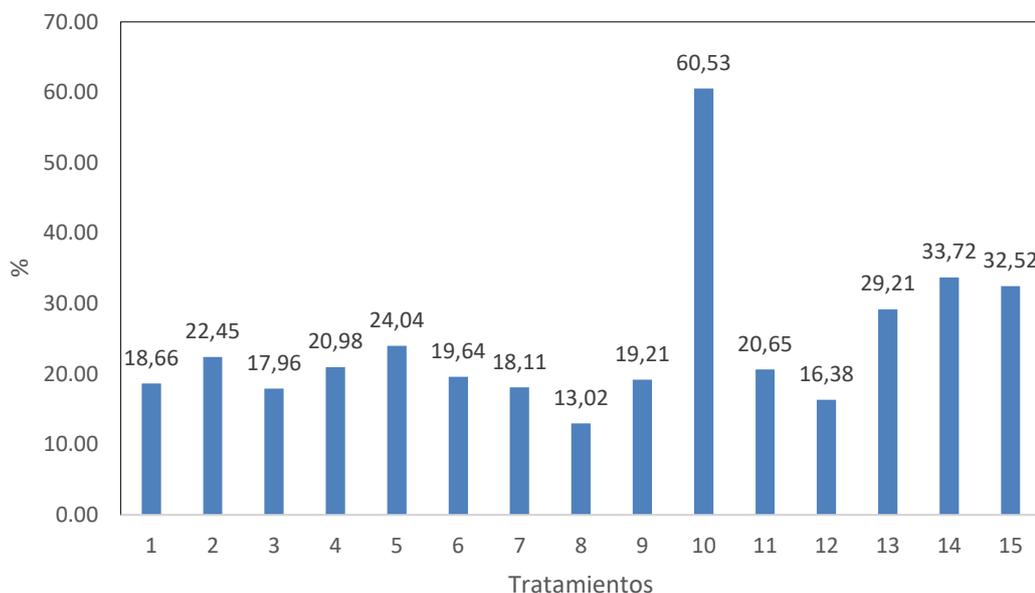


La **Figura 12** indica la calidad del vermicompost mediante el análisis C/N, donde el tratamiento 15 tiene el valor máximo siendo 12,51 y del tratamiento 1 al 13 obtuvo el valor más bajo siendo 11,60.

4.6. Determinación de Porcentaje de Materia Orgánica

Figura 13

Porcentaje de materia orgánica en los 15 tratamientos obtenidos a los 28 días de incubación.



La **Figura 13** indica el porcentaje de materia orgánica del vermicompost, a los 28 días tuvo un porcentaje de materia orgánica máxima de 60,53 % del Tratamiento 10 y mínima de 13,02 % del Tratamiento 8.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Disminución de Salinidad del Suelo

Se planteó la hipótesis de disminuir la salinidad del suelo aplicando un vermicompost elaborado con alperujo, utilizando también cáscara de papa el cual es un residuo orgánico muy abundante en restaurantes sobre todo las pollerías. En la **Figura 1** se observan los tratamientos realizados con diferentes mezclas. En todos los tratamientos se encontró una reducción de la conductividad eléctrica en el suelo. Se observó que el tratamiento 2, que contiene 74 % de mezcla, 22 % de alperujo y 4 % de cáscara de papa, fue el que obtuvo una mayor disminución de conductividad eléctrica en el suelo logrando bajar en 2,26 ds/m en el lapso de 28 días; mientras que el tratamiento 15, de 86,6 % de mezcla, 13 % de alperujo y 0,4 % de cáscara de papa, fue el tratamiento de menor reducción de conductividad alcanzando disminuir 1,02 dS/m. Sin embargo, en un estudio donde se aplicó el alperujo directamente al suelo como abono dio como resultado de conductividad eléctrica que en todos los muestreos realizados en el suelo se manifestó una tendencia a aumentar la salinidad del suelo con la dosis de alperujo sin compostar aplicada encontrándose en todos los casos diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos que más residuo aplicaban (Izquierdo et al., 2006).

En el diagrama de Pareto se puede observar de efecto estandarizado para conductividad (**Figura 2**), Las variables con un efecto significativo para conductividad está dada por las variables (B: Alperujo) y la variable (AA: Mezcla Base). El alperujo y la mezcla base tienen un efecto estadísticamente significativo en reducir la salinidad en el suelo de La Yarada-Los Palos en 28 días. La aplicación del alperujo como insumo de humus al ser transformado por las lombrices pierde la capacidad de contaminación de los suelos y se produce el efecto contrario para disminuir la salinidad de los mismos (Izquierdo et al., 2006).

En la **Figura 3**, Se evalúa los efectos principales para disminuir la conductividad del suelo, la mezcla base es la variable más importante maximizando su efecto a mayor cantidad de mezcla base, el incremento del

alperujo ha reducido la conductividad del suelo y la papa tiene una tendencia a incrementar al inicio sin embargo al incrementar la cáscara de papa se observa un descenso en el efecto de disminuir la conductividad. Hernández (2011) evaluó la biorrecuperación de suelos salinos aplicando compost, vermicompost y leña mezclados con fosfoyeso, donde se observó una gran reducción de 97,30 % de CE para el tratamiento de vermicompost al 3 %. Jalali y Ranjbar (2009) señalan que la CE se incrementa por 163, 103 y 120 % en respuesta a los tratamientos de estiércol de aves, de oveja y yeso respectivamente debido a la alta cantidad de cationes y aniones de estos sustratos. Mogollón et al, (2015) evaluó el efecto de vermicompost de lombrices californianas elaborado con sustrato de restos de alimento, broza de café, pseudotallos de plátano y estiércol equino; donde la aplicación del vermicompost al 10 % sobre el suelo salino redujo 62 % con respecto al valor promedio inicial que fue de 3,48 dS/m de conductividad eléctrica, demostrando ser una gran opción para la recuperación de suelos salinos. Por otro lado, Ayyobi et al. (2014) asevera que cuando se aplica vermicompost de manera continua la conductividad eléctrica en el suelo puede aumentar, ya que gran parte de las enmiendas presentan valores altos de salinidad.

En la gráfica de Superficie Respuesta (**Figura 4**) se determinan los valores óptimos de la mezcla para disminuir la salinidad del suelo obteniendo valores de Mezcla 16,1129 kg, alperujo 1,00003 kg, cáscara de papa 0,5. En un estudio reportaron una disminución de la CE en mezcla de estiércol de ganado con alperujo (CM-A) y orujo de oliva más una mezcla de estiércol de ganado con alperujo (OP+CM-A) atribuyéndolo a la pérdida mediante lixiviación y/o inmovilización microbiana de sales solubles, y/o a la formación de sales insolubles (Plaza et al., 2007). El humus de lombriz más una planta halófila (*Sesuvium Verrucosum*) demuestra que disminuye las sales solubles en el suelo de un 16,82 %, debido a la acumulación de estas en el tejido de la planta y al aumento en la capacidad de filtración de agua en el suelo por la acción del humus de lombriz, el cual aumenta la porosidad y permite el lavado de las sales (CONACYT, 2019). El extracto acuoso del humus de lombriz disminuye a gran escala la conductividad eléctrica de los suelos salinos (Escobar, 2013).

5.2. Análisis de Salinidad del Suelo

Se realizó un análisis completo de salinidad a una muestra de suelo del Fundo Berrios ubicado en el Distrito La Yarada-Los Palos, donde según la **Tabla 4** el resultado de Conductividad Eléctrica obtenido en el extracto de saturación fue de 16,60 dS/m. Según FAO, et al. (2009) un valor de conductividad eléctrica mayor a 15 dS/m se considera un suelo con salinidad extrema. Este valor puede deberse a que estas tierras son regadas con agua de los pozos subterráneos los cuales al encontrarse cercanos al litoral pueden sufrir de intrusión marina y salinizar estas aguas de riego. Rodríguez (2016) realizó una caracterización físico-química en los suelos de las Pampas de La Joya en Arequipa, los cuales son desérticos, donde los valores de salinidad obtenidos se encontraban en un rango de entre 14,8 a 15,3 dS/m indicando una elevada salinidad.

5.3. Vermicompost

Se realizó la obtención de vermicompost, mediante un diseño de superficie respuesta Box-Behnken, el cual nos permite saber las distintas combinaciones entre los distintos componentes, ya que el diseño permite conocer una estimación eficiente de los coeficientes (**Tabla 5**). En la tabla se ven las 15 mezclas y cantidades de comida por cada tratamiento, según la (**Figura 4**). En cuanto a la producción del vermicompost para comenzar se buscó un volumen ideal para la cantidad de mezcla, el cual tiene un volumen de 50 de largo, 39 de ancho y 28 de altura (**Anexo 6**); para la mezcla se determinó las cantidades óptimas con la calculadora de Ratio, siendo 66,18kg de suelo franco arenoso, 26,7 kg y 132,35 kg de estiércol de vaca, para poder distribuir las en los 15 tratamientos se realizó una mezcla general con las cantidades mencionadas. En cuanto a las cantidades de alperujo y cáscara de papa estas se determinaron a través de las corridas experimentales de superficie respuesta Box-Behnken.

Para la distribución de las cantidades exactas de lombriz para cada Tratamiento se usó el volumen, 1m³ x 5000 lombrices del Tratamiento 01 al Tratamiento 15, hubo un rango entre 161 lombrices a 167 lombrices

respectivamente. El conteo de lombrices se realizó en un área de 19 x 13 cm (**Tabla 6**). El Tratamiento con mayor número de lombrices fue el Tratamiento 3 con 64 lombrices, seguido del Tratamiento 4 con 53 lombrices y el tratamiento con menor concentración de lombrices fue el Tratamiento 14 con un recuento de 20 lombrices. La aplicación de 75 % de estiércol vacuno+25 % de paja de trigo, logró obtener a los 99 días un total de 39 080 lombrices, en 7,5 baldes =0,156 m³ + 2.5 baldes = 0.052 m³ (Crisóstomo-Oré, 2011). A sí mismo indican que el número de lombrices varían dependiendo de la calidad de alimento consumido ya que el alimento de buena calidad hace que incremente el peso y se produzcan capsulas más grandes lo que implica el mayor número de nuevas lombrices que eclosionan por capsulas (Lund, 1987).

A la primera semana las lombrices se aclimataron en su nuevo hábitat, a sí mismo todas se concentraron en la cáscara de papa y mantuvieron una humedad de entre 80 % y 99 % en los 15 tratamientos. A la segunda semana la humedad osciló entre 74 % y 89 % en los 15 tratamientos. Con el fin de acelerar el proceso se decidió aumentar la población de lombrices, 200 lombrices para cada compostera. A la tercera semana se observó la presencia de humus en la superficie en pocas cantidades, la humedad para la tercera semana vario de entre 70 % a 80 %, aun así, seguían estando dentro del rango óptimo. A la cuarta, quinta y sexta semana, la presencia de humus fue aumentando poco a poco y la humedad se encontraba dentro del parámetro óptimo para su desarrollo, aunque en la sexta semana la humedad varió entre 82 % a 99 %. A la séptima y octava semana, se recolectó el humus de las vermicomposteras para realizar los análisis correspondientes, así mismo el porcentaje de humedad estuvo dentro del rango óptimo de entre 80 % al 91 %. El análisis químico de un humus a base de (50 % lodo + 50 % residuos orgánicos+ 50 lombrices) tuvo valores de pH (6,82), C.E. (3,52 dS/m), M.O. (46,9 %), humedad (59,93 %), N (1,76 %). P (1,28 %) y K (0,6 %) (Castañeda 2018).

El vermicompost, el cual consiste en la composición de desechos de las lombrices humificadas y materia orgánica, estimula el desarrollo de las plantas más que del producido por los distintos elementos nutritivos minerales, mérito de los efectos de las sustancias húmicas de las

vermicompostas o también es debido a los reguladores de desarrollo de la planta añadido a los ácidos húmicos (Domínguez et al., 2010).

5.4. Parámetros Físicoquímicos durante el Compostaje

En la **Figura 5** se aprecia el porcentaje de humedad tomados con un termohigrómetro durante las ocho semanas de compostaje a las 15 composteras. Los datos de la gráfica van en un rango entre 70 % y 99 % de humedad. Sánchez (2018) señala que la humedad óptima del compost para el desarrollo correcto de las lombrices debe encontrarse dentro del rango de 70 % a 80 %, por lo que los valores de humedad de las composteras indican que las lombrices se encontraban en un ambiente óptimo.

Durante las ocho semanas de control de las 15 vermicomposteras se observaron variaciones en la temperatura (**Figura 6**) que no coinciden con las fases de este proceso debido a las condiciones climáticas dadas durante el otoño e invierno de este año (**Anexo 17**) que no permitieron mantener la temperatura del vermicompost a los 25 °C: siendo las temperaturas registradas a las ocho semanas; el más bajo a 19,7 °C fue en el Tratamiento 15, la temperatura media a los 20,7 °C para los tratamientos 02, 04, 05, 11 y 13 y la temperatura máxima alcanzada fue de 22,3 °C en el tratamiento 09. Si realizamos una comparación entre la dinámica de las temperaturas contempladas en el Manual de Compostaje del Agricultor de la FAO y la dinámica obtenida en el presente trabajo de investigación, si se encuentra en las condiciones ambientales óptimas para el proceso de humificación las cuales son de 19 °C a 25 °C (Román et al., 2013). Así mismo otro autor nos indica que el rango óptimo de temperaturas para un buen desarrollo del proceso oscila entre los 12 °C y 25 °C (Tenecela-Yuqui, 2012).

La **Figura 7** representa el pH durante las ocho semanas de compostaje a las 15 composteras. Los datos de la gráfica van desde 6 hasta 7,5, lo cual indica un pH mayormente neutro. Somarriba y Guzmán (2004) afirman que un factor determinante de una buena plantación de lombricultura es tener un pH comprendido entre 6,5 y 7,5. Esto quiere decir que los valores de pH obtenidos se encuentran dentro del rango correcto para brindar un ambiente adecuado a las lombrices.

5.5. Análisis de acción del vermicompost en suelo salino

5.5.1. pH

De acuerdo a las mediciones desarrolladas a los 28 días de las muestras de suelo y vermicompost incubadas se obtuvieron valores de pH que oscilan desde 6,82 perteneciente al Tratamiento 11 hasta 7,07 del Tratamiento 14 siendo los valores considerados como neutros (**Figura 8**). La disminución de pH a lo largo del tiempo podría estar relacionado a una mayor cantidad de iones hidronios disponibles y provenientes de la ionización de los diferentes radicales presentes en la materia orgánica del vermicompost (Durán y Henríquez, 2010). La aplicación de distintos tratamientos logra disminuir los valores iniciales del suelo de pH, pues los suelos pasaron de ser alcalinos a ser suelos neutros ($\text{pH} \leq 7,5$) (Mogollón, 2014).

El promedio de la evolución del pH durante la incubación de las mezclas suelo:vermicompost descendió respecto a la toma de análisis del día 28 al del día 9, según muestra la **Figura 9**. Esta reducción en pH está relacionada con una mayor cantidad de iones hidrógeno resultantes de la ionización de los diferentes radicales presentes en la materia orgánica del vermicompost (Durán y Henríquez, 2009) y por la producción de ácidos orgánicos producto de la mineralización del compost o por el proceso de nitrificación que toma lugar durante la mineralización de la materia orgánica incorporada (Azarmi et al., 2008).

5.5.2. Conductividad Eléctrica

Se realizó un análisis de conductividad eléctrica al finalizar los 28 días de incubación (**Figura 10**), el control negativo (suelo) presentó una salinidad de 16,60 dS/m (**Tabla 4**), siendo clasificado en un rango **Muy Alto** según (FAO et al., 2009), la aplicación del vermicompost a base de mezcla, alperujo y cáscara de papa,

disminuyó en promedio la conductividad eléctrica en 6,5 dS/m, reduciendo la C.E en un 60,84 % (**Tabla 7**). Estudios realizados con una mezcla de rastrojos de olivo, tomate y cien Lombrices Rojas, llegó a reducir la salinidad a un 51,32 % (Salinas-Vásquez et al., 2014). Flores (2014) demostró que existe una reducción de la salinidad del suelo significativamente ($p \leq 0,05$). Se debe indicar que estos estudios no fueron realizados en suelos altamente salinos como lo son los de La Yarada-Los Palos.

Según la **Figura 11** el promedio de la evolución de la conductividad eléctrica durante la incubación de las mezclas suelo:vermicompost descendió de manera significativa respecto a los análisis tomados el día 9 al día 28 de incubación. Se sabe que la aplicación de materia orgánica en suelos afectados por sales promueve la floculación de los minerales arcillosos, una condición esencial para la agregación de las partículas y el incremento del espacio poroso lo que, a su vez, favorece el proceso de lavado del Na^+ y la reducción de la CE del suelo (Lakhdar et al., 2010).

5.5.3. Relación C/N

Conforme al análisis realizado al vermicompost de los 15 tratamientos, se obtuvieron valores de relación C/N entre 11,60 (T01) y 12,51 (T15) (**Figura 12**). Lo que nos indica que se trata de un vermicompost ideal y maduro, ya que se encuentra dentro del rango 10:1 – 15:1 de C/N (Román et al., 2013). En la investigación de Sánchez-Mendoza, (2018), establece como un vermicompost estable y maduro los resultados de C/N entre 12,13 y 11,85 por su mayor eficiencia en la edificación de un pool enzimático “estable”, esto quiere decir, complejos “enzima-humus” quienes tienen la capacidad de soportar la desnaturalización de las enzimas (Saavedra, 2007). El vermicompost que presento una relación C/N de 10,77, fue considerado un compost estable y maduro (Mogollón et al., 2015), ya que según el autor Castillo et al., (2010) cumple con el valor establecido para esta característica C/N menores o cercanos a 15. El olivo para una hectárea de cultivo necesita 350 kg de N por un año (Fernández-Escobar et al., 1994). El nivel de nitrógeno de un

olivar es adecuado cuando su concentración en hoja se encuentra entre el 1,5 % y el 2 %. Una deficiencia de N en el olivo reduce su ritmo de crecimiento, escasa fructificación y una baja de la producción y calidad del aceite (Rico-Lavado, 2013). La aplicación suelo+foliar (50 % - 50 %) contribuye a un uso más eficiente de N. Altos contenidos de N en fruto como consecuencias de aplicaciones con dosis altas de N (1 Kg de N/árbol) afectan la calidad del aceite de oliva, reduciendo el contenido de polifenoles, amargor y estabilidad. Así mismo, incrementó el contenido de tocoferoles. Los aportes anuales de urea incrementaron el contenido de N mineral en el suelo, debido principalmente a un aumento en el contenido de nitratos (García, 2006).

5.6. Materia Orgánica

El aumento en la materia orgánica del suelo es indispensable para determinar las funciones tanto productivas como ambientales del sustrato, ya que esta participa activamente en la formación del suelo y en las relaciones entre las plantas, los microorganismos y los nutrientes, pues influye en las propiedades edáficas del suelo Navarro y Navarro (2002). Según Molina (s.f.) los suelos con materia orgánica menor al 2 % tienen bajo contenido, lo que se encuentran entre 2 a 5 % tienen contenido medio, siendo el valor óptimo de materia orgánica un valor mayor a 5 %. En la **Figura 13** se puede observar que el Tratamiento 10, el cual contiene 76% de mezcla, 23 % de alperujo y 1% de cáscara de papa, tiene el máximo valor de 60,53 % de materia orgánica, mientras que el menor valor es del tratamiento 8, de 65 % de mezcla, 33 % de alperujo y 2 % de cáscara de papa, que solo cuenta con un aporte de 13,02 % de materia orgánica. El mayor aporte de la materia orgánica es el estiércol, insumo que aporta gran cantidad de microorganismos para la degradación de la materia orgánica y la principal fuente de nitrógeno.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos se concluye que el humus a base de residuos orgánicos (mezcla, alperujo y cáscara de papa) disminuye la conductividad en todos los tratamientos, sin embargo, el alperujo puede ser aplicado en una mayor concentración según nuestros resultados.

El suelo del Distrito La Yarada-Los Palos es un suelo con salinidad extrema debido a que es una zona desértica muy cercana a la costa por lo que existe intrusión marina.

La mezcla con 10 kg de mezcla, 3 kg de alperujo y 0,5 kg de cáscara de papa obtuvo la mayor disminución de conductividad eléctrica en el lapso de 18 días.

Los parámetros físico químicos registrados durante las ocho semanas de compostaje tuvieron una humedad entre 70 % y 99 %, los registros de temperatura fueron desde los 19,7 °C hasta 22,3 °C debido a que fue realizado durante la temporada otoño-invierno, y respecto a los datos pH fueron desde 6 hasta 7,5, lo cual indica un pH mayormente neutro siendo el indicado para el desarrollo de las lombrices californianas.

Se logró disminuir la salinidad del suelo en un 60,84 % aplicando la mezcla de vermicompost a base de los residuos industriales del olivo. La mezcla óptima para elaborar vermicompost utilizando como insumo el alperujo nos da un valor de 10 kg de mezcla, 5 kg de alperujo y 0,37 kg de cáscara de papa.

El vermicompost obtenido a base de alperujo y otros residuos orgánicos aporta a los suelos un alto contenido de nitrógeno, consiguiendo valores entre 11,60 y 12,56 en relación carbono-nitrógeno. Además, se obtuvieron valores de porcentaje de materia orgánica contenidas en el rango de 60,53 % y 13,02 %, los cuales se encuentran dentro de los valores óptimos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar investigaciones a nivel de campo aplicando el vermicompost en cultivos del olivo y evaluar la salinidad de los suelos y la productividad de los cultivos.

Se recomienda evaluar por mayor tiempo la conductividad de la mezcla vermicompost:suelo.

El tiempo de compostaje es un factor importante para obtener un resultado favorable en el vermicompost.

Se sugiere hacer campañas de sensibilización a las empresas dedicadas a la producción de aceite de olivo para reutilizar el alperujo como insumo para la producción de vermicompost.

Se recomienda evaluar otros residuos agroindustriales de la zona agrícola de Tacna, como insumos para la elaboración de vermicompost y disminuir los altos niveles de salinidad de los suelos costeros de La Yarada – Los Palos, Tacna.

Se recomienda un precompostaje de la materia orgánica (residuos vegetales y estiércol), para acelerar la producción de humus.

Se recomienda colocar el alperujo en proporciones 5:10, sin embargo, se podrían realizar otros estudios incrementando la cantidad de alperujo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Alcalá, P., Cruz-Hernández, J. y Taboada-Gaytán, O.R. (2020). *Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblado*. Revista fitotecnia mexicana, 43(1), 35-44. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.35>
- Albuquerque, J. A., González, J., García, D., y Cegarra, J. (2004). *Caracterización agroquímica del “alperujo”, subproducto sólido del método de centrifugación en dos fases para la extracción del aceite de oliva*. Tecnología Bioambiental, 91(2), 195-200. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00177-9](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00177-9)
- Albuquerque, J. A., González, J., García, D., y Cegarra, J. (2006). *Efectos del agente de carga en el compostaje de “alperujo”, el subproducto sólido del método de centrifugación en dos fases para la extracción del aceite de oliva*. Bioquímica de Procesos, 41(1), 127-132. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.06.006>
- Argüello, G. L. (2016). *¿Qué son los suelos salinos y cómo se recuperan?* MuyInteresante.es. <https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/que-son-los-suelos-salinos-y-como-se-recuperan-131452699538>
- Alvarez Serafini, M. S., y Tonetto, G. M. (2019). *Producción de ésteres metílicos de ácidos grasos a partir de residuos de la industria del aceite de Oliva*. Revista Brasileña de Ingeniería Química, 36, 285-297. <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20190361s20170535>
- Ayyobi, H., Hassanpour, E., Alaqemand, S., Fathi, J.A., y Peyvast, G. (2014). *El lixiviado de lombriz y el vermiwash mejoran el rendimiento del frijol enano francés*. Intl. J. Veg. Sci., 20(1), 21–27.
- Azarmi, R., Giglou, M., y Taleshmikail, D. (2008). *Influencia del vermicompost en las propiedades químicas y físicas del suelo en el campo del tomate (Lycopersicum esculentum)*. Afri. J. Biotecnología., 7(14), 2397-2401.
- Azcárate, P., Baglioni, M., Brambillo, C., Brambillo, E., Fernández, R., Kloster, N., Noellemeyer, E., Ostinelli, M., y Savio, M. (2017) *Métodos de análisis e implementación de Calidad en el Laboratorio de suelos*. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

- Bandera, R. (2013). *Rehabilitación de suelos salino-sódicos: Evaluación de enmiendas y de especies forrajeras*. Trabajo de Grado no publicado. Maestría en Recursos Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Beltrán-Morales, F.A. García-Hernández, J. L. Ruiz-Espinoza, F. H., Valdez-Cepeda R.D., Preciado-Rangel, P. Fortis-Hernández, M. y González-Zamora, A.(2016). *Efectos de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (Capsicum annum L.)*. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 3(7): 143-149.
- Beretta, A., Bassahum, D. y Musselli, R. (2014). *¿Medir el pH del suelo en la mezcla suelo:Agua en reposo o agitando?* Agrociencia (Uruguay), 18(2), 90-94.
- Castañeda, W. (2018). *Uso de la Lombriz Roja (Eisenia Foetida) en lodos activados de la PTAR "San Antonio de Carapongo" y residuos orgánicos para la producción de humus-Lima*. Tesis (Título de Ingeniería Ambiental) Universidad César Vallejo Lima, 2018. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34590>.
- Chávez Burgos, Y. (2015). *Contenido De Humedad N.T.P 339.127*. <https://es.slideshare.net/yonerchavezburgos/contenido-de-humedad-ntp-339127-66868763>
- Campoverde, L. (2012). *Evaluación de áreas agrícolas con problemas de salinización para uso potencial en acuicultura en el valle bajo del río santa, Ancash-Perú, 2008*. Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5928>
- Canet, R., y Albiach, R. (2008). *Aplicaciones del compost en Agricultura Ecológica*. En: Moreno Casco, J. (ed.), Compostaje (pp. 379-396). Mundi Prensa Libros. <http://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/6942>
- Castillo, H., Hernández, A., Domínguez, D. y Ojeda, D. (2010). *Efecto de la lombriz roja californiana (Eisenia Foetida) sobre la dinámica de nutrientes de una mezcla de materiales semicompostados*. Chil. J. Agr. Res., 70(3), 465-473.
- Castellanos J. Z. (2004). *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*. Ed. INTAGRI. p. 130-140. México.
- Carcava, F., García, C., Hernández, M. y Roldán, A. (2002). *Los cambios en la estabilidad de los agregados alteran la enmienda orgánica y la inoculación de*

micorrizas en la forestación de un sitio semiárido con Pinus halepensis. Ecología aplicada al suelo, 19 (198-208).

Cegarra, J., Albuquerque, J. A., Gonzalvez, J., Tortosa, G. y Chaw, D. (2006). *Efectos de la ventilación forzada sobre el compostaje de un subproducto solido de almazara (“alperujo”) gestionado mediante torneado mecánico. Gestión de residuos, 7.*

Chocano, D. y Veliz, C. (2019). *Determinación del porcentaje de la unidad de compostaje que puede ser reemplazado por alperujo para la obtención de un biofertilizante en la localidad de Calientes – Tacna. Tacna.*

CONACYT, (2019). *El suelo y la Salinidad: Quitando la sal a un suelo, con una planta silvestre y humus de lombriz. Cuaderno de Divulgación Científica y Tecnológica del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo. N° 02.*

Crisóstomo-Ore, Y. L., (2011). *Lombricomposteo De Residuos Sólidos Orgánicos Municipales Del Distrito De Ayacucho - HUAMANGA – AYACUCHO. Tesis para Obtener el Título Profesional de: Ingeniero Agrónomo.*

Durán L. y Henríquez, C. (2009). *Crecimiento y reproducción de la lombríz roja (Eisenia foetida) en cinco sustratos orgánicos. Agron. Costarric., 33(2),275-281.*

Durán, L., y Henríquez-Henríquez, C. (2010). *El vermicompost: Su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. Agronomía Mesoamericana, 10.*

Domínguez, J., Lazcano, C. y Gómez, M. (2010). *Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. Acta Zoológica Mexicana. 2:359-371.*

Escobar, C. J., Zuluaga, J.J., Páez, D., Franco, L.A. y Colorado, G. (1998). *Bioabonos. Alternativa para desarrollar una agricultura sostenible. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. <http://hdl.handle.net/11348/4142>*

Escobar, C. A. (2013). *Usos Potenciales Del Humus (Abono Orgánico Lixiviado Y Solido) En La Empresa Fertilombriz. Trabajo De Práctica Empresarial.*

FAO. (s.f.). *Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. Recuperado 20 de abril de 2021, de <http://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm>

FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC, (2009). *Base de datos mundial armonizada de suelos (versión 1.1)*. FAO, Roma, Italia y IIASA, Laxenburg, Austria.

Fernández, L., et al., (2006). *Manual de técnicas de análisis de suelos*. México, D.F: Instituto Mexicano del Petróleo, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.

Fernández-Escobar, R., García-Barragán, T. y Benlloch, M. (1994). *Estado nutritivo de las plantaciones de olivar en la provincia de Granada*. ITEA, 90: 39-49.

Flores, A., Gálvez, V., Hernández, O., López, G., Obregón, A., Orellana, R., Otero, L. y Valdez, M. (1996). *Salinidad un nuevo concepto*. Colima, MX. Editorial Colima. 137 p.

Flores, C. A. (2014). *Efectividad Biológica del Humus de Lombriz en el Cultivo de Maíz y Chile en el estado de Aguascalientes*. Universidad Autónoma de Aguascalientes.

García, F., Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Navarro, J., Gómez, I. y Mataix-Beneyto, J. (2005). *Factores que controlan la estabilidad agregada y la densidad aparente en dos suelos degradados diferentes acompañados de biosólidos*. Investigación de suelos y labranza, 82:65-76.

García Novelo, M. G. (2006). *El balance del nitrógeno en el cultivo del olivo*. [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Córdoba]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=55846>

González Vicente, J. (2005). *Estudio del compostaje de orujo de oliva de dos fases y de la materia orgánica soluble extraída durante el proceso*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia, Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología.

Hernández, J. (2011). *Bio recuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos*. s.l., Universidad Politécnica de Madrid. 143 pp.

- Hernández, O. (2000). *Uso de métodos químicos-biológicos como mejoradores de la conductividad hidráulica de un suelo salino-sódico*. Tesis Doctoral. Universidad de Colima-México.
- Hidrobo Luna, J. R. y Mendez Valdiviezo, E. G. (2016). *Validación del método analítico walkley y black de materia orgánica en suelos arcillosos, francos y arenosos del Ecuador*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8137>.
- Izquierdo, E., Albiach R., Pomares, F., Ribo, M., Ferrer, E. y Canet, R. (2006). *Aplicación Directa de Alperujos de Almazara en Suelos: Dinámicas de Degradación y Primeros Resultados en Campo*. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Departamento de Recursos Naturales.
- Jalali, M. y Ranjbar, F. (2009). *Efectos del agua sódica sobre la sodicidad del suelo y la lixiviación de nutrientes en suelos modificados con estiércol de aves y ovejas*. *Goderma*, Vol. 153 No. 1-2 (pp. 194-204).
- Lal, R. y Shukla, M. (2004). *Principios de la física del suelo*. Marcel Dekker, INC. New York. Basel. 699 p.
- Lakhdar, A., Scelza, R., Scotti, R., Rao, M., Jedidi, N., Gianfreda, L., y Abdelly, C. (2010). *El efecto del compost y los lodos de depuradora sobre las actividades biológicas del suelo en suelos afectados por sal*. *R. C. Suelo Nutr. Veg.*, 10(1),40-47.
- Lund, (1987). *"Eisenia foetida (Savigni) su descripción y cultivo"*. Universidad de Santiago de Chile.
- Luters, A., y Salazar, J. C. (2000). *Guía para la Evaluación de la Calidad y la Salud del Suelo*. 1-88. Argentina. Obtenido de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf
- Mamani-Mamani, G., Mamani-Pati, F., Sainz-Mendoza, H., y Villca-Huanaco, R. (2012). *Comportamiento de la lombriz roja (Eisenia spp.) en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos*. *Revista de la Sociedad de Investigacion Selva Andina*, 3(1), 44-54.
- Marcial Iza, J. A. (2013). *Obtención de diferentes productos alimenticios (hamburguesas y embutidos) a partir de residuos orgánicos (Cascara de Papa)*. Universidad de Guayaquil: Tesis en opción al Grado de Ingeniero

Químicos. Obtenido de:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/reduj/3649/1/1110.pdf>

Martín, A., Moumen, A., Yañez, D., y Molina, E. (2003). *Composición química y la disponibilidad de nutrientes en residuos de olivo*. España.

Martínez C. (2000). *Lombricultura. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación*. México.
<https://es.slideshare.net/JorgeTrejoCanelo/lombricultura-28465452>

Mogollon Sandoval, J. P., Martinez, A. E., y Torres, D. G. (2015). *Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano*. *Ciencia del Suelo: Química, Física, Biológica, Bioquímica e Hidrología*, 315 - 320. doi:
<http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n4.47115>

Mogollón, J. P. (2014). *Efecto del uso del vermicompost para la biorremediación de suelos salino-sódicos del estado falcón*.
<https://doi.org/10.13140/2.1.1007.9046>

Molina, E. (s.f.). *Análisis de Suelos y su interpretación*. Centro de Investigaciones Agronómica. Costa Rica. Obtenido de:
<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>

Mondragon Aguirre, G. F. (2016). *Evaluación del crecimiento de plántulas de Caesalpina Spinosa, Sapindus Saponaria y Tecoma Stans en diferentes sustratos durante su propagación en vivero*. Lima: UNAM Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Obtenida de:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2641/K10-M6553-T.pdf?sequence=1&%3BisAllowed=y>

Navarro, G., y Navarro, S. (2002). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. Murcia, España: Mundiprensa.

Nwachukwu, O. y Pulford, I. (2011). *Respiración microbiana como indicación de toxicidad de metales en materiales orgánicos contaminados y suelo*. *Diario de materiales peligrosos*, Vol. 185, No. 2-3, (pp. 1140-1147).

Padilla-Arzaluz, S. (2017). *Variabilidad Espacial de la Salinidad en Suelos del Distrito de Riego 014, Mexicali Baja california*.
<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/67920>

- Paneque, V. M., Calaña, J. M., Calderón, M., Borges, y Hernandez, T. C., y Caruncho, M. (2010). *Manual de Técnicas Analíticas para Análisis de Suelo, Foliar, Abonos Orgánicos y Fertilizantes Químicos*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba.
- Plaza, C., Nogales, R., Senesi, N., Benitez, E. y Polo, A. (2007) *Humificación de materia orgánica mediante vermicompostaje de estiércol de vacuno solo y mezclado con orujo de aceituna bifásico*. España: Tecnología Bioambiental, 9: 5085–5089.
- Quispe, I., Gutiérrez, E. y Andrade, D. (2020). *Aplicación de yeso agrícola y Humificación de materia orgánica mediante vermicompostaje de estiércol de vacuno solo y mezclado con orujo de aceituna bifásico, España: Tecnología Bioambiental, enmiendas orgánicas para la remediación de suelos salino-sódicos*. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia. Obtenido en: <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/260327/1/rev62-10.pdf>
- Ramirez Alaluna, P. M. (2016). *Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos de la cancha publica de Golf—San Bartolome*, Lima, 103. Obtenido de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2482/P11-R3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramos Agüero, D., y Terry Alfonso, E. (2014). *Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas*. Cultivos Tropicales, 35(4), 52-59.
- Rico-Lavado, S. A. (2013). *Determinación de la eficiencia en el uso del nitrógeno en variedades de olivo y su interacción con el tipo de suelo*. Córdoba.
- Rodríguez, R. (2016). *Caracterización físico química de los suelos desérticos de las Pampas de La Joya – Arequipa y su posible uso agrícola*. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3274>
- Rodríguez, A., Arbelo, C., Mora, J. L., Rodríguez, A. y Armas, J.A. (2006). *Salinidad y alcalinidad en suelos de las zonas áridas de Tenerife (Islas Canarias)*. Edafología, 13,171-179.
- Román, P., Martínez, M. M., y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. FAO.

- Rocha-Yupanqui, R. (2019). *Métodos para recuperar suelos afectados por la salinidad y/o sodicidad*. Universidad Científica del Sur. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/780>
- Sainz, H., Benítez, E., Melgar, R., Alvarez, R., y Gomez, M. (2000). *Biotransformación Y Valorización Agrícola De Subproductos Del Olivar -Orujos Secos Y Extractados- Mediante Vermicompostaje*. 7-2, 103-111.
- Salinas-Vásquez, F., Sepúlveda-Morales, L., y Sepúlveda-Chavera, G. (2014). *Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (Eisenia Foetida) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica*. Idesia (Arica), 32(2), 95-99. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000200013>
- Sánchez Mendoza, J. J. (2018). *Evaluación del proceso de elaboración de vermicompost con dos especies de lombriz, Eisenia foetida y Lumbricus sp., en la Provincia de Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4777>
- Saavedra, G. (2007). *Biodegradación de alperujo utilizando hongos del genero Pleurotus y anélidos de la especie Eisenia Foetida*. Tesis doctoral. Granada, España. Universidad de Granada, Instituto de Biotecnología.
- Schumacher, B. A. (2002). *Métodos para la determinación del carbono orgánico total en suelos y sedimentos*. Carbon, 32(Abril), 25. Recuperado 29 de julio de 2021, de: http://bcodata.who.edu/LaurentianGreatLakes_Chemistry/bs116.pdf
- Soto-Mora, E. S., Hernández-Vázquez, M., Luna-Zendejas, H. S. y Ortiz-Ortiz, E. (2016). *Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno*. 3(5), 8.
- Somarriba, R. y Guzmán, F. (2004). *Guía de lombricultura*. Guía Técnica No. 4. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua. pp. 7- 9.
- Tejada Valdez, G. O. (2013). *Gestión de residuos sólidos generados en la Empresa Agroindustrial de aceite de olivo "Mejía" – Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4155>

- Tenecela-Yuqui, X. (2012). *Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3252>.
- Tortosa Muñoz, G. (2011). *Elaboración a escala preindustrial de enmiendas y abonos orgánicos sólidos y líquidos mediante co-compostaje de orujo de oliva de dos fases o "alperujo"* [Ph.D. Thesis, Universidad de Murcia]. En TDR (Tesis Doctorales en Red). <http://www.tdx.cat/handle/10803/42938>
- Tortosa, G. (2019). *Materiales para compostar: Estiércol de vaca*. *Compostando Ciencia*. <http://www.compostandociencia.com/2019/08/materiales-para-compostar-estiercol-de-vaca/>
- Vargas-Machuca, R. N. (2010). *Vermicompostaje en el reciclado de residuos agroindustriales*. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, 12
- Varnero, M. T., Galleguillos, K., Guerrero, D. y Suárez, J. (2014). *Producción de Biogás y Enmiendas Orgánicas a Partir del Residuo Olivícola (Alperujo)*. *Información tecnológica*, 25(5), 73-78. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000500011>
- Viguera, J. (2004). *Estudio de suelos y su Analítica*. México.
- Weather Spark. (s.f.). *Clima promedio en Tacna, Perú, durante todo el año*. Recuperado 9 de Agosto de 2021, de <https://es.weatherspark.com/y/26549/Clima-promedio-en-Tacna-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Zúñiga Escobar, O., Osorio Saravia, J. C., Cuero Guependo, R. y Peña Ospina, J. A. (2011). *Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos Degradados por Salinidad*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(1), 5769-5779.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Planteamiento de Problema	Hipótesis	Objetivo	Variable	Indicador	Método	Estadística
¿Es factible remediar la salinidad de suelos utilizando vermicompost elaborado a partir de residuos industriales del olivo en un fundo del Distrito La Yarada-Los Palos, Tacna?	Existe un efecto de los residuos del olivo en la elaboración del vermicompost para la reducción de la salinidad en los suelos salinos de La Yarada-Los Palos.	Remediar la salinidad de un suelo utilizando vermicompost elaborado a partir de residuos industriales del olivo en un fundo del Distrito La Yarada-Los Palos, Tacna.	Cantidad de vermicompost	- Ph - Temperatura - Humedad - Peso (kg) - Relación C/N	Parámetros de calidad de compost Cantidad de vermicompost Materia Orgánica	- Determinación del Ph -Determinar la Temperatura -Determinar la Humedad -Uso de Statgraphics para obtener posibles combinaciones de las enmiendas en porcentaje. -Calcular la relación C/N
<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es la salinidad del suelo en un fundo del Distrito La Yarada-Los Palos? - ¿Es posible elaborar vermicompost a partir de residuos industriales del olivo para mejorar la calidad del suelo de un fundo ubicado en La Yarada – Los Palos? - ¿Cómo cambian los parámetros fisicoquímicos durante el proceso de vermicompostaje? - ¿Cuál es la proporción adecuada de vermicompost a agregar al suelo salino para su remediación? - ¿Cuánto porcentaje de materia orgánica aporta el vermicompost de residuos industriales del olivo a los suelos salinos? 	<ul style="list-style-type: none"> - El suelo del distrito de La Yarada-Los Palos posee una alta conductividad eléctrica. - Se puede elaborar un vermicompost a base de residuos industriales del olivo. - Se alcanza el desarrollo de las Lombrices (Eisenia Foetida) y se obtiene el vermicompost con los parámetros fisicoquímicos de calidad requerida. - Se logra disminuir la salinidad del suelo aplicando vermicompost elaborados con residuos del olivo. - El vermicompost elaborado con residuos industriales del olivo tiene un aporte alto en nitrógeno y una relación optima de carbono nitrógeno 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar el análisis de salinidad en el suelo de un fundo del Distrito La Yarada-Los Palos. - Elaborar vermicompost a partir de residuos industriales del olivo para mejorar la calidad del suelo de un fundo ubicado en La Yarada – Los Palos. - Evaluar parámetros fisicoquímicos durante el proceso de vermicompostaje. - Aplicar y evaluar el vermicompost de residuos industriales del olivo en suelos salinos para su remediación. - Determinar el porcentaje de materia orgánica que aporta el vermicompost elaborado con residuos industriales del olivo a los suelos salinos. 	Reducción de la salinidad	-Conductividad Eléctrica -Porcentaje de sodio Intercambiable (Psi)	Salinidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> -Diseño de superficie respuesta Box-Behnken 15 unidades experimentales -Realizar las mediciones correspondientes de Conductividad eléctrica cada 7 días.

Anexo 2.

Recolección de muestras de suelo en Fundo Berrios, La Yarada para análisis de salinidad inicial.

**Anexo 3.**

Recolección de suelo franco arenoso y estiércol vacuno.



Anexo 4.

Recepción de residuos industriales de olivo en la empresa Vallesur.

**Anexo 5.**

Mezcla de suelo franco arenoso, turba y estiércol vacuno



Anexo 6.

Volumen de composteras

**Anexo 7.**

Composteras armadas.



Anexo 8.

Toma de pH, temperatura y humedad en campo mediante equipos 4 en 1 y termohigrómetro respectivamente.

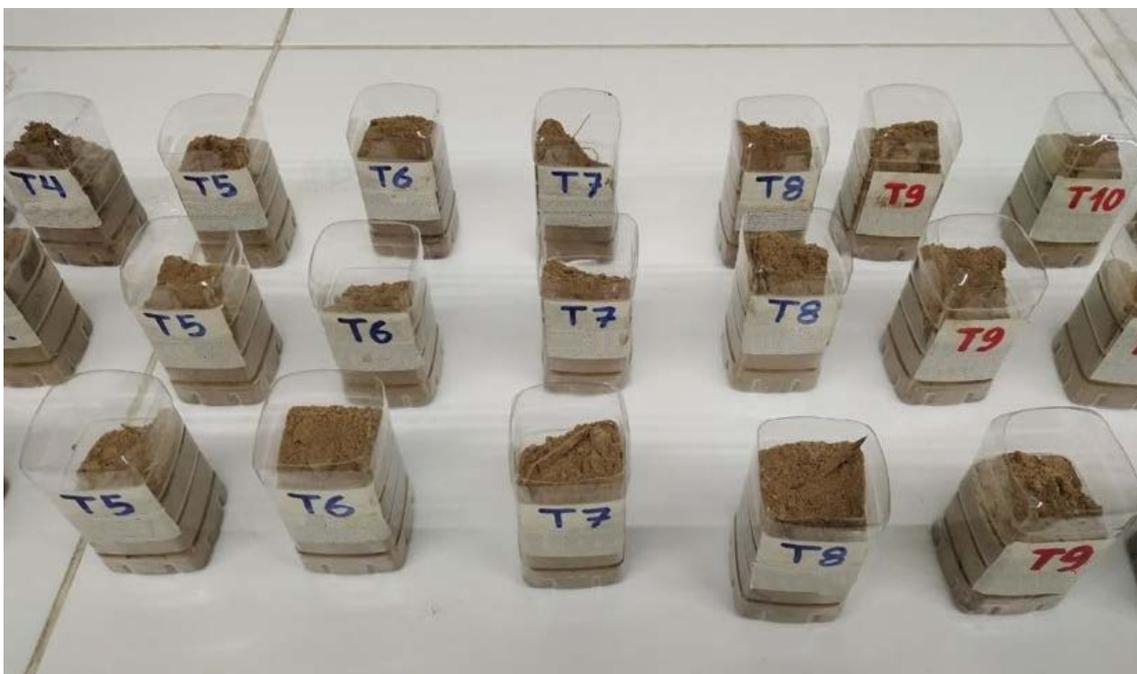
**Anexo 9.**

Muestras de humus para análisis C/N de cada compostera.



Anexo 10.

Preparación de muestras y repeticiones de tierra salina junto a vermicompost para incubación.

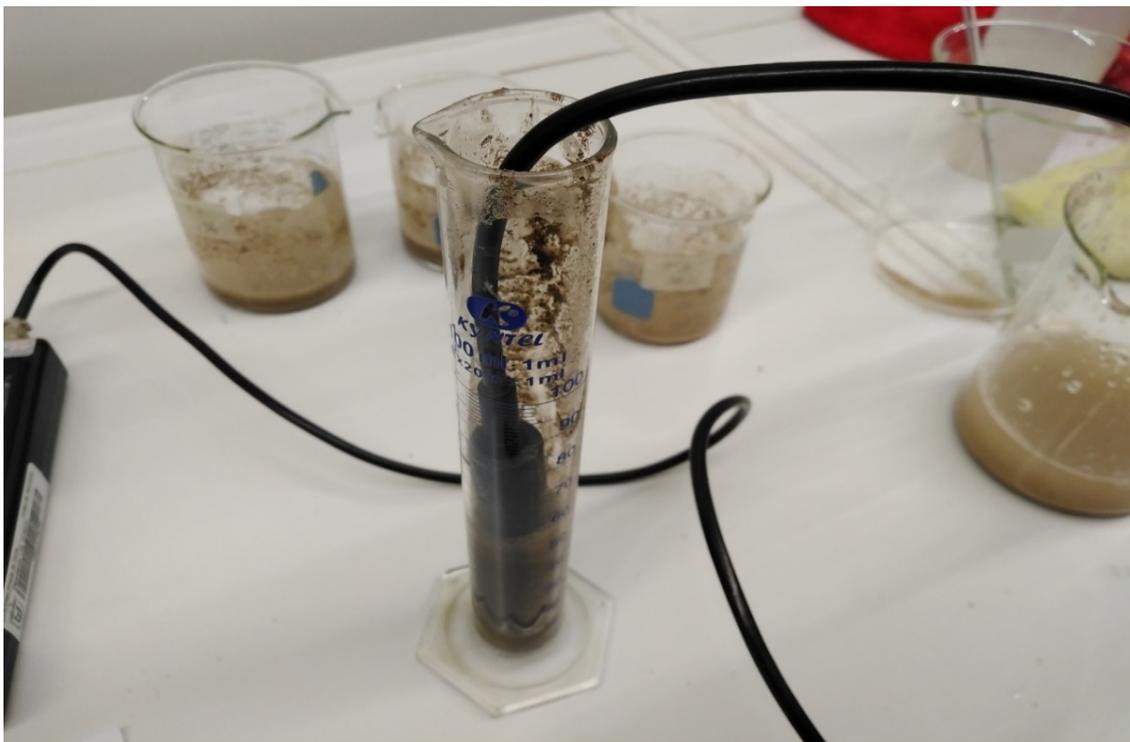
**Anexo 11.**

Incubación de mezcla suelo:vermicompost a 28 °C y 80 % de humedad

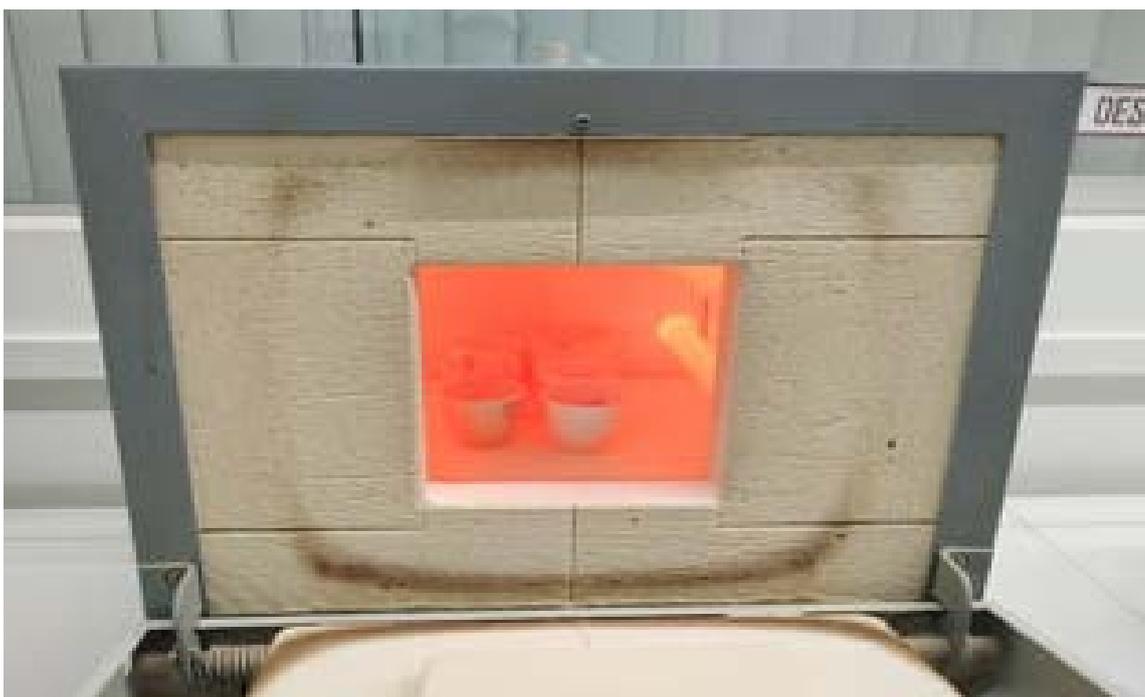


Anexo 12.

Mezcla de agua destilada y sustrato para análisis de Conductividad Eléctrica.

**Anexo 13.**

Muestras de humus en el horno mufla a 950 °C para hallar Carbono y Materia orgánica.



Anexo 14.

Etapa de enfriamiento en el desecador de muestras de humus para análisis de materia orgánica.

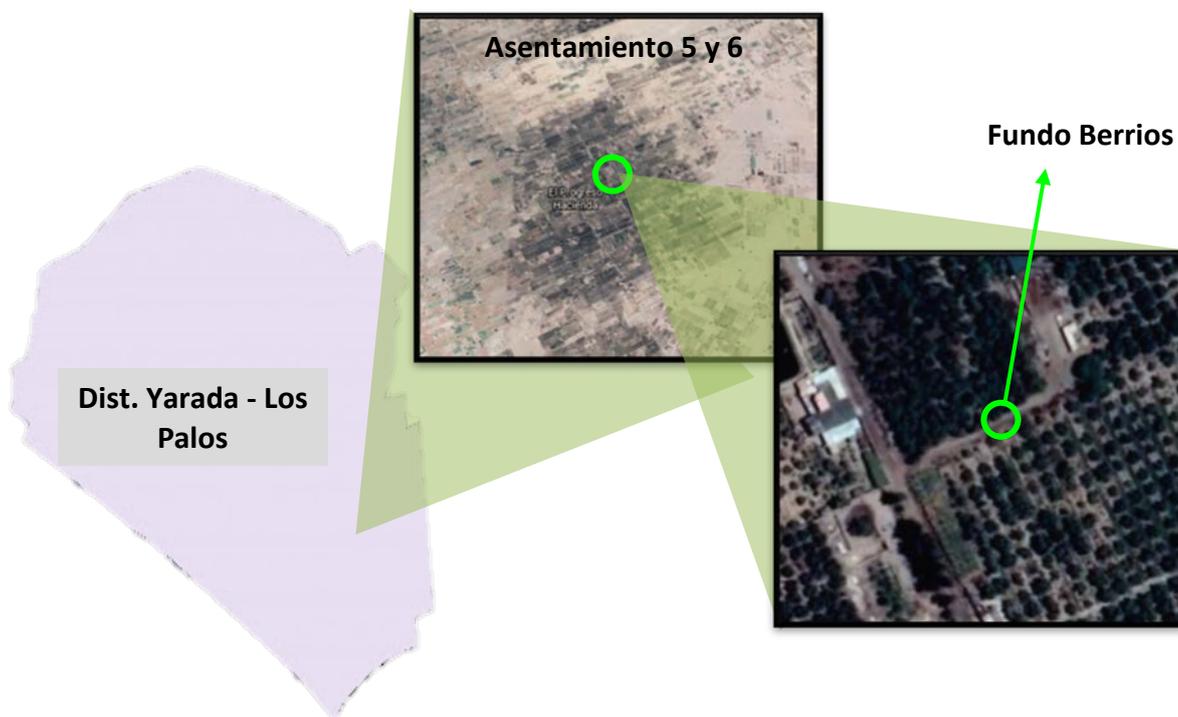
**Anexo 15.**

Mapa de Macro localización de la obtención de muestras de suelo salino



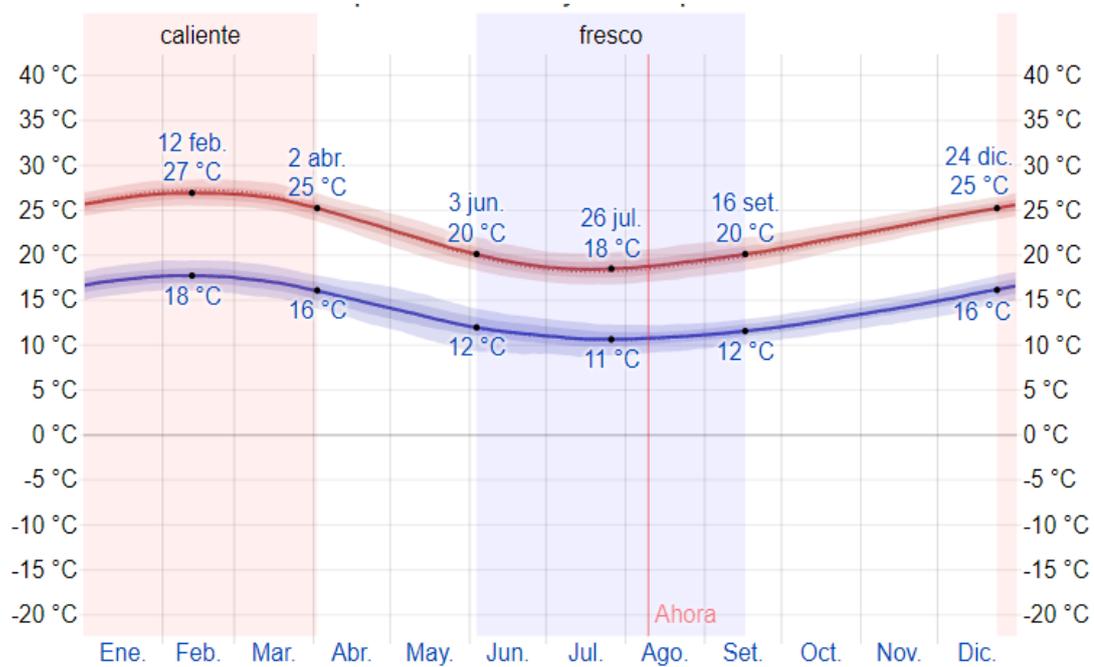
Anexo 16.

Mapa de Micro localización del área en el que se recolecto la muestra de suelo salino



Anexo 17.

Temperatura máxima y mínima promedio de Tacna



Fuente: La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) (Weather Spark, s. f.)