

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

E.P. Ingeniería ambiental



Una Institución Adventista

**Eficiencia de biorrecuperación mediante enmienda orgánica
incorporada en el suelo salino de la ladera del Establo
“Agropecuaria Villa Asís S.R.L” comunidad autogestionaria
Huaycán – Ate Vitarte.**

Por:

Dilmer Alexander Hurtado Delgado

Asesores:

Mg. Hugo Fernández Rojas

Lic. Gina Tito Tolentino

Lima, abril de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Mg. Joel Hugo Fernández Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“Eficiencia de biorrecuperación mediante enmienda orgánica incorporada en el suelo salino de la ladera del establo Agropecuaria Villa Asís S.R.L comunidad autogestionaria Huaycán- Ate Vitarte”** constituye la memoria que presenta el Bachiller Dilmer Alexander Hurtado Delgado para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 14 días del mes de abril del 2019.



Mg. Joel Hugo Fernández Rojas


Eficiencia de biorrecuperación mediante enmienda orgánica
incorporada en el suelo salino de la ladera del establo Agropecuaria
Villa Asís S.R.L comunidad autogestionaria Huaycán- Ate Vitarte


TESIS


Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental


JURADO CALIFICADOR


Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez
Presidenta


Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga
Secretaria


Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio
Vocal


MSc. Natali Carbo Bustinza
Vocal


Mg. Joel Hugo Fernández Rojas
Asesor

Lima, 17 de abril de 2019

Dedicatoria

Dedico en primer lugar al único que merece toda la gloria que es mi Dios, quien sin merecer me otorga este triunfo en mi vida.

A mi querida familia por el apoyo constante, desinteresado e incondicional que me brindaron en cada momento de mi vida y por ser mi motivo de superación como persona y profesional.

De igual manera, a mis a mis amigos y docentes de la Universidad Peruana Unión, quienes de una u otra forma compartieron sus conocimientos para mi formación profesional.

Agradecimientos

Gratitud a Dios por darme su gracia y sabiduría, Jesús me encontró en mi etapa académica, desde entonces él me inspira cada día a esforzarme en mejorar mi carácter y ser un buen profesional.

De la misma manera, agradezco a mis queridos padres, Tomás y Dina por su apoyo incondicional en los diferentes aspectos de mi vida y, a mi hermano Richar por su compañía y apoyo desinteresado.

A mis tíos Rolando y Rut por su gran apoyo en diferentes aspectos de mi vida académica y profesional.

A mis asesores Mg. Hugo y Lic. Gina quienes me orientaron durante todo este proceso del presente trabajo. Asimismo, al Dr. Noé Pampa por su aporte en la parte estadística.

A mis dictaminadores, MSc. Natalí y al Ing. Jackson quienes aportaron sus conocimientos en el desarrollo del presente estudio.

Al Sr. Gerardo encargado del Establo Villa Asís, quien otorgo el permiso y facilitó los medios para el desarrollo del presente estudio.

Finalmente, a mis amigos Erlin, Lourdes, Daniel, Jazmín u otros quienes me motivaron con sus palabras a cumplir unos de mis objetivos.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPITULO I	18
INTRODUCCIÓN	18
1.1. Identificación del problema	18
1.2. Justificación de la Investigación.....	21
1.3. Objetivo General.....	22
1.3.1. Objetivos Específicos.....	22
CAPITULO II	23
REVISIÓN DE LITERATURA	23
2.1. Antecedentes	23
2.1.1. A nivel mundial.....	23
2.1.2. A nivel sudamericano.....	24
2.1.3. A nivel local	26
2.2. Marco teórico del problema	28
2.2.1. Suelo.....	28
2.2.2. Degradación de suelos.....	28
2.2.3. Salinización de suelos	29
2.2.4. Salinización en zonas áridas y semiáridas	30
2.2.5. Clasificación de suelos por salinización	31
a) Suelos Salinos	32
b) Suelos Sódicos	32

c) Suelos salino- sódicos	33
2.2.6. Sales presentes en los suelos salinos.....	33
2.2.7. Origen de la salinización en el suelo.....	34
2.2.8. Estado de salinización a nivel mundial	36
2.2.9. Estado de salinización a nivel nacional.....	37
2.3. Marco teórico de la metodología.....	40
2.3.1. Biorrecuperación de suelos	40
2.3.2. Procesos de Biorrecuperación	40
2.3.3. Ventajas y desventajas de Biorrecuperación.....	42
2.3.4. Biorrecuperación con enmiendas orgánicas.....	43
2.3.5. Enmiendas orgánicas empleadas.....	45
2.3.6. Importancia de las enmiendas orgánicas.....	51
2.3.7. Importancia de los microorganismos en la descomposición de la materia orgánica.....	52
2.3.8. Mecanismos de efecto de la enmienda orgánica en suelos afectados por salinización.....	53
2.3.9. Indicadores de salinización y/o biorrecuperación de suelos salinos	57
2.3.9. Marco legal.....	63
CAPITULO III.....	65
MATERIALES Y MÉTODOS.....	65
3.1. Descripción del área de estudio.....	65
3.1.1. Ubicación	65

3.1.2. Características ambientales del entorno	67
3.2. Equipos, Materiales e Insumos	69
3.3. Metodología Experimental.....	71
3.3.1. Delimitación del área de estudio, muestro y análisis pre del suelo (Etapa 1)...	72
3.3.3. Construcción de maceteros y recolección, preparación e incorporación de la enmienda orgánica (Etapa 2).....	74
3.3.4. Análisis finales de los parámetros químicos y biológicos (Etapa 3).....	76
3.4. Variables de estudio	79
3.4.1. Variables independientes	79
3.4.2. Variables dependientes.....	79
3.5. Formulación de Hipótesis	80
3.6. Estudio y diseño de la investigación	80
3.6.1. Tipo y Diseño de la Investigación.....	80
3.7. Análisis Estadístico	81
CAPITULO IV	82
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	82
4.1. Caracterización física del suelo.....	82
4.2. Caracterización física, química y biológica del suelo.....	82
4.3 Determinación y evaluación del efecto de las dosis y tiempos tratamiento sobre los parámetros químicos y biológicos.....	84
4.4. Determinación de la eficiencia de biorrecuperación mediante enmienda orgánica en el suelo salino.	99

CAPITULO V.....	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
5.1. Conclusiones	106
5.2. Recomendaciones.....	108
REFERENCIAS	110
ANEXOS	116

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de suelos afectados por salinización	31
Tabla 2. Tipos de sales frecuentemente presentes en suelos salinos	33
Tabla 3. Distribución global de suelos afectos por salinización	36
Tabla 4. Suelos afectados por salinización en la costa peruana.....	39
Tabla 5. Ventajas y desventajas de biorrecuperación	42
Tabla 6. Aporte de diferentes tipos de enmiendas orgánicas según su materia prima.....	45
Tabla 7. Ventajas y desventajas del compost “residuos biodegradables”	46
Tabla 8. Ventajas y desventajas de los estiércoles en el suelo.....	47
Tabla 9. Dosis de estiércol vacuno recomendable y tiempo necesario para su aplicación.....	48
Tabla 10. Influencias de las enmiendas orgánicas en las propiedades de los suelos salinos ...	52
Tabla 11. Clasificación de pH con valores promedios	58
Tabla 12. Clasificación de suelos de acuerdo a la salinización	58
Tabla 13. Clasificación de suelos según Porcentaje de sodio intercambiable (PSI).....	59
Tabla 14. Clasificación de materia orgánica (MO).....	60
Tabla 15. Clasificación de Carbono orgánico del suelo (COS).....	61
Tabla 16. Materiales y equipos por etapa del presente trabajo de investigación.....	70
Tabla 17. Parámetros químicos y biológicos indicadores de calidad del suelo.	74
Tabla 18. Descripción de mezclas, proporciones y dosis total de la enmienda orgánica	76
Tabla 19. Bloques y repeticiones de tratamiento	81
Tabla 20. Caracterización física del suelo.	82
Tabla 21. Caracterización química y biológica del suelo	83
Tabla 22. Análisis de Varianza ANOVA - de potencial de hidrógeno del suelo (pH)	84
Tabla 23. Análisis de Varianza – ANOVA de Conductividad Eléctrica (CE)	87
Tabla 24. Análisis de Varianza – ANOVA de porcentaje de sodio intercambiable (PSI).....	89

Tabla 25. Análisis de Varianza - ANOVA de materia orgánica (MO).....	91
Tabla 26. Análisis de Varianza – ANOVA de carbono orgánico del suelo (COS)	93
Tabla 27. Análisis de Varianza – ANOVA de biomasa microbiana (BM).....	95
Tabla 28. Análisis de Varianza – ANOVA de respiración microbiana (RM)	97
Tabla 29. Resumen de eficiencia del método de enmienda orgánica con cada tratamiento	99

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procesos de degradación del suelo (Mogollón, 2014).....	29
Figura 2. Mapa Mundial de zonas áridas y semiáridas, adoptado por (Ibáñez, 2008).....	30
Figura 3. Metabolismo microbiano, adoptado por (Ricon, 2004).....	41
Figura 4. Principales factores de influencia en las características del suelo tras la aplicación de enmiendas orgánicas (Mardomingo,2014).....	44
Figura 5. Estiércol seco de vaca del establo Villa Asís	48
Figura 6. Aserrín obtenido de la empresa aserradora de madera INVPSAC.....	49
Figura 7. Tierra de Chacra por excavación de zanjas en la zona de Pariachi	50
Figura 8. Proceso de descomposición de materia orgánica por microorganismos (Buendía, 2012).	53
Figura 9. Posibles mecanismos de efecto de la enmienda orgánica sobre propiedades físicas y biológicas de suelos afectados por salinidad (Saifullah et al, 2018).....	54
Figura 10. Posibles mecanismos de efecto de la enmienda orgánica sobre propiedades químicas de suelos afectados por salinidad (Saifullah et al, 2018).	56
Figura 11. Mecanismo de adsorción de cationes y lixiviación de aniones (Hang,2013).....	57
Figura 12. Ubicación geográfica del área de estudio	66
Figura 13. Variación típica anual de temperatura del distrito de Chaclacayo - modelo Köppen	67
Figura 14. Variación típica anual de precipitación del distrito de Chiclayo- Modelo Köppen	68
Figura 15. Proceso del trabajo de investigación	71
Figura 16. Maceteros utilizados para el tratamiento del suelo salino	76
Figura 17. Análisis de efecto al parámetro de potencial de hidrogeno (pH).	85
Figura 18. Análisis de efecto al parámetro de conductividad eléctrica (CE).....	87
Figura 19. Análisis de efecto al parámetro de porcentaje de sodio intercambiable (PSI).	89

Figura 20. Análisis de efecto al parámetro Materia Orgánica (MO)	92
Figura 21. Análisis de efecto del parámetro Carbono Orgánico del Suelo (COS)	94
Figura 22. Análisis de efecto del parámetro Biomasa Microbiana (BM)	96
Figura 23. Análisis de efecto del parámetro Respiración Microbiana (RM)	98
Figura 24. Eficiencia en CE por la incorporación de dosis de enmienda orgánica	100
Figura 25. Eficiencia en PSI por la incorporación de dosis de enmienda orgánica.....	101
Figura 26. Eficiencia en MO por la incorporación de dosis de enmienda orgánica	102
Figura 27. Eficiencia en COS por la incorporación de dosis de enmienda orgánica.....	103
Figura 28. Eficiencia en BM por la incorporación de dosis de enmienda orgánica	104
Figura 29. Eficiencia en RM por la incorporación de dosis de enmienda orgánica	105
Figura 30. Carta de solicitud de autorización al área de estudio	116
Figura 31. Constancia autorizada por la administración de Villa Asís.....	117
Figura 32. Formato de campo para etiquetado de muestra	118
Figura 33. Análisis inicial de caracterización y parámetros químicos del suelo	119
Figura 34. Análisis inicial de parámetros biológicos del suelo	120
Figura 35. Análisis final de los parámetros químicos a los 25 días de tratamiento.....	121
Figura 36. Análisis final de los parámetros biológicos a los 25 días de tratamiento.....	122
Figura 37. Análisis final de los parámetros químicos a los 45 días de tratamiento.....	123
Figura 38. Análisis final de los parámetros biológicos a los 45 días de tratamiento.....	124
Figura 39. Análisis final de los parámetros biológicos a los 60 días de tratamiento.....	125
Figura 40. Análisis final de los parámetros biológicos a los 60 días de tratamiento.....	126
Figura 41. Métodos utilizados en análisis de LASPAF	127
Figura 42. Excavación de suelo, zarandeo de suelo y muestreo inicial.....	128
Figura 43. Preparación de maceteros y recojo de enmiendas orgánicas del almacenamiento temporal	128

Figura 44. Pesaje (dosis) de enmiendas orgánicas y mezclado de las mismas	129
Figura 45. Muestras finales del suelo y manejo de GPS en los puntos de tratamiento	129
Figura 46. Seguimiento del estudio de investigación	130

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Carta de autorización para acceder al área de estudio.....	116
Anexo 2. Constancia de autorización de ejecución del proyecto tesis.....	117
Anexo 3. Ubicación de los puntos de muestreo del suelo y de tratamientos	117
Anexo 4. Formato de campo para el etiquetado de muestra.....	118
Anexo 5. Informes de análisis iniciales del suelo.....	119
Anexo 6. Informes de análisis finales del suelo.....	121
Anexo 7. Métodos utilizados en el análisis del suelo	127
Anexo 8. Muestreo inicial y finales, elaboración de maceteros, recojo y preparación de enmiendas orgánicas y seguimiento del estudio.....	128
Anexo 9. Especies vegetales tolerantes que podrían ser utilizados de acuerdo a los resultados finales de CE	130

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue determinar la eficiencia de biorrecuperación mediante enmienda orgánica incorporada en el suelo salino de la ladera del establo “Agropecuaria Villa Asís S.R.L” comunidad autogestionaria Huaycán – Ate Vitarte. Se empleó 04 maceteros con una capacidad de cada uno de 63.75 m³, posteriormente se llenaron 50 kg del suelo salino, luego se incorporó mezcla de (estiércol de vaca, aserrín de madera y tierra chacra) con dosis de T1:16%, T2: 20% y T3:24% y T4 como control en cada macetero, las cuales fueron mezclados con el suelo salino; durante un periodo de 60 días con mediciones a los 25, 45 y 60 días. En cada tiempo mencionado fueron evaluados las propiedades químicas y biológicas preseleccionadas como el pH del suelo, conductividad eléctrica (CE), porcentaje de sodio intercambiable (PSI), materia orgánica (MO), carbono orgánico de suelo (COS), biomasa microbiana (BM) y respiración microbiana (RM). Al culminar las evaluaciones se determinó que la incorporación de enmienda orgánica en el suelo salino en una parte de la ladera del establo de Villa Asís, demostró ser eficiente en el proceso de biorrecuperación en la mayoría de parámetros analizados puesto que el T1, T2 y T3 logró entre 10.1 a 12.1% de reducción en conductividad eléctrica (CE) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) fue de 6.7% a 9.4% en los T2 y T3, a excepción del pH del suelo que se mantuvieron valores en condición de alcalinidad; mientras en la materia orgánica (MO) y carbono orgánico del suelo (COS) aumentaron paralelamente entre 65.7% a 74.4%, con respecto biomasa microbiana (BM) lograron incrementos entre 96.3% a 97.3% y respiración microbiana (RM) 93.8% a 95.4% respectivamente siendo los valores más altos para T3 y a los 60 días de tratamiento. La incorporación de enmienda orgánica demostró ser buena de estrategia para la biorecuperación de suelos salinos y valorización de materiales de acuerdo a la normativa ambiental.

Palabras clave: Eficiencia, biorrecuperación, suelos salinos, enmienda orgánica, parámetros químicos y biológicos.

ABSTRACT

The purpose of the present study was to determine the efficiency of Biorrecuperación by Organic Amendment incorporated in the saline soil of the slope of the stable "Agropecuaria Villa Assisi S. R. L" Community Autogestionia Huaycán – Ate Vitae. We employed 04 pots with a capacity of each of 63.75 M³, subsequently, 50 kg of the saline soil was filled, then a mixture of (cow dung, wood sawdust and land chakra) was added with T1 doses: 16%, T2:20% and T3:24% and T4 as control in each planter; which were mixed with the saline soil; For a period of 60 days with measurements at 25, 45 and 60 days. The pre-selected chemical and biological properties such as soil pH, electrical conductivity (CE), interchangeable sodium percentage (PSI), organic matter (MO), soil organic carbon (COS), biomass Microbial (BM) and microbial respiration (RM). At the end of the evaluations it was determined that the incorporation of organic amendment in the saline soil in a part of the hillside of the barn of Villa Assisi, proved to be efficient in the process of biorrecuperación in the majority of parameters analyzed since T1, T2 and T3 It achieved between 10.1 to 12.1% reduction in electrical conductivity (CE) and the percentage of interchangeable sodium (PSI) was 6.7% to 9.4% in T2 and T3, except for the pH of the soil that were maintained values in alkalinity condition; While in organic matter (MO) and soil organic carbon (COS) increased in parallel between 65.7% to 74.4%, with respect microbial biomass (BM) achieved increases between 96.3% to 97.3% and microbial respiration (RM) 93.8% to 95.4% respectively being the Higher values for T3 and 60 days of treatment. The incorporation of organic amendment proved to be a good strategy for the biorecovery of saline soils and the valorization of materials according to environmental regulations.

Keywords: Efficiency, bio-recovery, saline soils, organic amendment, chemical and biological parameter

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del problema

El suelo está formado por una capa superficial de la corteza terrestre debido a un prolongado proceso de meteorización; por tanto, es el medio natural principal e indispensable para el crecimiento de especies vegetales, en el cual se desarrollan procesos físicos, químicos y microbiológicos esenciales para la vida de este planeta. Sin embargo, la creciente necesidad de producir mayor cantidad de alimentos debido al aumento de la población en los últimos años, ha generado la búsqueda de tierras marginales que se localizan especialmente en las zonas áridas y semiáridas que por su naturaleza son suelos salinos, estos suelos se caracterizan por contener sales solubles que limitan el crecimiento óptimo de las plantas, ya que existe una baja disponibilidad de materia orgánica, escasa actividad biológica, y como resultado de ello improductividad agrícola (Hernández, 2011; Bandera, 2004).

Existen dos tipos de salinidad en suelos, por origen natural y antrópico. El primero, está ampliamente esparcido generalmente en las zonas costeras del mundo, este aumenta a medida que se manifiesta cambios climáticos, procesos geomorfológicos de sedimentación y erosión; sobre todo se debe a la cercanía y altura sobre el nivel del mar y la intemperización., y el segundo origen, se debe al aumento considerablemente en los últimos años a nivel mundial, producto de las incorrectas prácticas agrícolas del suelo y la mala calidad de agua para regadío, convirtiéndose en factor negativo para el desarrollo sostenible del suelo (Mogollón, 2014; Lamz & Gonzales, 2013).

Actualmente la salinidad de los suelos es uno de los más graves problemas que padece la agricultura y los ecosistemas, puesto que a nivel mundial existen 830 millones de hectáreas afectadas (Bandera, 2004). Del mismo modo Fernández, Gamiño, Blanco & Correa (2014)

aseguran que 831 millones de ha en el mundo han sido perjudicados por sales, de las cuales 397 millones ha son por problemas explícitamente de salinidad y 34 millones ha por condiciones asociados a la sodicidad. Además, Guerra (2015) menciona que 20 a 30 millones de ha están afectados por el mismo problema generado por regadío, esto demuestra que la salinidad de los suelos está distribuida en extensas áreas por todo el globo terráqueo desde los inicios de la agricultura, lo que significa un escenario negativo para las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos dedicados a la productividad agrícola de alimentos.

En Europa la extensión total de suelos afectados por la salinidad supera los 50 millones de ha. Por su parte Sudamérica, la salinidad de suelos es fruto de las malas prácticas de cultivo representando un 45% de los suelos afectados (Mogollón, 2014). Caso particular en Argentina existen aproximadamente 85 millones de ha en los sitios áridos y semiáridos por exceso de sales y sodio, ubicándose el tercer país con mayor superficie afectada por suelos salinos en todo el mundo, este problema no es ajeno a la mayoría de países de América Latina que tienden a niveles muy bajos en productividad de alimentos, a tal punto que muchas veces son abonados a consecuencia de la explotación y la falta de rendimiento del suelo (Pinchao, 2013).

La costa peruana está conformada por tierras secas (áridas y semiáridas) siendo la salinidad el problema significativo que afecta la producción agrícola en los valles, esta situación es causa de la deficiencia de agua para el regadío de los cultivos, baja precipitación y problemas de drenaje; la cual evidencia la (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales [ONERN], 1986) que toda la superficie afectada por salinidad en el ámbito costero sea de 755 431 ha que representa un 40% de la región árida de la costa peruana (Fox, 2013). Asimismo, agrega el valle de Jequetepeque perteneciente a la región costera de la Libertad cuenta con 47 300 ha cultivables, donde el 28.5 % se encuentra perjudicado por salinidad. De la misma manera, en la región de Piura y Lambayeque debido al inadecuado manejo de regadío

ha generado mayor salinidad, ocasionando la pérdida de miles de hectáreas para cultivo (Consejo Nacional del Ambiente [CONAM], 2006). En ese sentido el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2016) confirma que la situación de salinidad ha aumentado casi un tercio por ciento del territorio costero en las áreas de producción agrícola.

La municipalidad de metropolitana de lima (MUNLIMA, 2012), considera que existen 70 000 ha de vegetación de Lomas costeras siendo parte de la zona áridas, en la cual se desarrollan plantas resistentes a estos suelos gracias a la condensación de fuertes neblinas por condiciones frontales al mar, no obstante, las áreas como las cumbres, zonas intermedias y laderas orientadas hacia al oriente de Lima no favorece de la misma manera (Servicio Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2015). Asimismo, el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015) realizó un proyecto de forestación en la zona árida “Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi” ubicado en Km 39.5 y 51 de carretera Panamericana Norte; la cual se caracteriza por ausencia de especies vegetales debido a precipitaciones prácticamente nulas, alta evapotranspiración, textura arenosa, suelo altamente salino, materia orgánica nula y nutrientes bajos.

Las laderas del Establo “Agropecuaria Villa Asís”, también forman parte de esta situación problemática, ya que se encuentra formado por suelos semiáridos de la costa peruana (Ministerio del Ambiente [MINAM] 2016). Este suelo ha sufrido salinización de origen natural, por ende, limita el crecimiento de plantas vegetales, siendo en líneas generales difíciles de recuperar; sin embargo, técnicas aplicadas en la recuperación han sido adaptadas a condiciones extremas de salinización, como el lavado de suelo, aplicación de carbonato de calcio (CaCO_3) y otras técnicas químicas (Villafañe, 2011). Sin embargo, Julca et al. (2006) afirman que las técnicas antes mencionadas no son suficientes, para ello, es necesario reforzar con materia orgánica a los suelos salinos a través de enmiendas orgánicas con el fin de

incrementar la disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica como estrategia agroecológica que ha dado resultados altamente positivos en términos ambientales, económicos y sociales.

1.2. Justificación de la Investigación

La situación que posee todas las laderas de los cerros de la Ciudad de Lima, en especial las laderas del establo “Villa Asís” de Huaycán es el impedimento en el crecimiento de especies vegetales y la necesidad de la población cercana de requerir espacios agrícolas, por tanto, la incorporación de enmienda orgánica mezclada (estiércol de vaca, aserrín de madera y tierra de chacra) contribuirá en el aspecto ambiental en la reducción de sales por consiguiente en la calidad del suelo, aprovechamiento sostenible de recursos naturales, rescate de conocimientos ancestrales y en el futuro creación de áreas verdes para recreación paisajística de la población cercana al establo. Asimismo, este espacio de refugio servirá para la presencia de flora, fauna y captación de dióxido de carbono a largo plazo.

De resultar eficiente la propuesta de biorrecuperación del suelo debido a la concentración de sales, permitirá beneficios socioeconómicos significativos a los dueños del establo ubicado en las laderas, y a la población aledaña (Comunidad autogestionaria de Huaycán), puesto que incentivará el uso de este tratamiento en sus propios terrenos mediante el sembrío de hortalizas por ende, evitarán la compra de estas especies vegetales; ya que estas enmiendas son de bajos costos y fácil acceso de obtenerlo en comparación con los fertilizantes químicos, asimismo, generará mejor vida saludable al consumir productos naturales de calidad y fomentará una cultura sostenible al reducir el uso productos químicos para tratamiento de estos suelos.

De este modo, el presente estudio a partir de los resultados generados representará un aporte importante a la línea de investigación, ya que servirá como referencia en proyectos posteriores en la biorrecuperación de suelos salinos de las regiones áridas y semiáridas de la costa peruana y en otras zonas del mundo que tenga la misma problemática.

1.3. Objetivo General

Determinar la eficiencia de biorrecuperación mediante enmienda orgánica incorporada en el suelo salino de la ladera del estable “Agropecuaria Villa Asís S.R.L” comunidad autogestionaria Huaycán – Ate Vitarte.

1.3.1. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto en las propiedades químicas de: pH, conductividad eléctrica, porcentaje de sodio intercambiable, materia orgánica y carbono orgánico del suelo por la incorporación de enmienda orgánica en suelo salino.
- Determinar el efecto en las propiedades biológicas de: Biomasa microbiana y respiración microbiana por la incorporación de enmienda orgánica en suelo salino.
- Evaluar el efecto de las dosis de la enmienda orgánica y los tiempos de tratamiento en las propiedades químicas y biológicas del suelo salino de la ladera del estable Agropecuaria Villa Asís.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel mundial

Dhar, et al. (2016) en la Ciudad Karnal de la India realizaron un estudio sobre los cambios en las propiedades biológicas y químicas de un suelo salino enmendados con compost de residuos sólidos urbanos y fertilizantes químicos en una mostaza - sistema de cultivo de mijo perla, con el objetivo de evaluar la eficiencia del uso combinado de enmiendas orgánicas (residuos municipales urbanos), yeso enriquecido, paja de arroz compostado y fertilizantes químicos en suelos salinos, para ello se usó un total de 25% de dosis integrada de los fertilizantes. Los resultados del conjunto integrado de enmiendas orgánicas aumentaron en un 50 y 56% de carbono de biomasa microbiana y redujo en un 25% la conductividad eléctrica. Llegando a la conclusión que la adicción de compost mencionados ya sean solos o en combinación con fertilizantes químicos aumenta la actividad microbiana del suelo y la disponibilidad de nutrientes en condiciones de solución salina, es decir, las enmiendas orgánicas mejoran la fertilidad de un suelo salino.

En la Ciudad Tianjin de China en el año 2015, ejecutaron un trabajo de investigación que tuvo como propósito estudiar los cambios de conductividad eléctrica (CE) y la redistribución de carbono soluble en agua (C), nitrógeno total (N) y fósforo absorbible (P) durante la recuperación de un suelo salino costero mediante el uso de diferentes enmiendas, esto se fundamentó en la preparación de ocho tratamientos de suelo: Paja de algodón en polvo (J), aguas residuales domésticas (W), arena de playa (S), (J+S), (J+W), (W+S), (J+W+S) y control (K) durante 30 días con mediciones semanales. Después de efectuado los tratamientos los resultados del estudio fueron que la combinación de (J+W+S) obtuvo mayores reducciones

de conductividad eléctrica entre los diferentes tiempos e incubaciones. En conclusión, el tratamiento con lodo de aguas residuales demostró ser la enmienda más efectiva para la recuperación de un suelo salino costero y mejora la disponibilidad de macronutrientes y la aplicación de estiércol bacterias en el agua de riego tuvo un efecto generalmente fuerte en la redistribución de macronutrientes y la reducción de la CE (Zhang, et al., 2015).

Serrato, Ortiz, Dimas & Berúmen (2002) en la Ciudad de México, realizaron una investigación sobre la recuperación de suelo salinos, la cual tuvo como propósito evaluar la recuperación de suelos salinos mediante la aplicación separada de varios niveles de láminas de agua y distintas dosis de estiércol como materia orgánica en la producción de zacate ryegrass, dicha investigación comprendió dos experimentos en forma independiente: el primero, se aplicó lavado de suelo con 0.9, 1.2 y 1.5 m de lámina de agua y el segundo estiércol de bovino con 20, 40, y 60 Mg ha⁻¹. Los resultados muestran que la mayor producción de materia seca se obtuvo con la aplicación de 1.5 m de lámina de agua y con estiércol de 60 Mg ha⁻¹. Por lo tanto, concluye que la mayor producción de materia seca del zacate ryegrass fue el estiércol.

2.1.2. A nivel sudamericano

En el sector el Cebollal de Falcón, Venezuela en el año 2014 se realizó un trabajo de investigación, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la incorporación de un vermicompost sobre la rehabilitación de suelos salino- sódicos, el estudio se desarrolló en condiciones de laboratorio mediante el uso de dosis vermicompost procedentes de lombrices. Los resultados demostraron que la salinidad del suelo fue recuperada en un 62% con dosis de 10% en periodo de incubación de 28 días; produciendo la disminución de la conductividad eléctrica del suelo de 3.40 dS/m hasta 1.33 dS/m, con respecto al pH redujo de 8.30 a ≤ 7.5 ., asimismo, aumentó en 168% el carbono orgánico del suelo (COS) y también incremento 17 veces más el carbono

de la biomasa microbiana (CBM). Concluyendo que la adicción de enmiendas orgánicas de tipo vermicompost demostró ser buena estrategia para la recuperación de suelos salinos. Esta investigación sirve como referencia para la investigación propuesta dado que se estudiará con suelos salinos y que además se hará uso de dosis de enmienda orgánica para determinar su efecto sobre parámetros relacionados a la salinidad del suelo y a la actividad biológica del suelo (Mogollón, 2014).

Hernández (2011) en el municipio Cañada de Urdañeta en Venezuela, desarrolló su tesis doctoral con respecto a la “biorrecuperación de suelos salino sódico”, cuyo propósito fue evaluar la aplicación de enmiendas orgánicas: Compost, Vermicompost sólido y Lemna mezclados en fosfoyeso en el estado Zulia, el trabajo consistió en la aplicación de 1.5% y al 3.0% de dosis en todas las enmiendas orgánicas en tubos de polietileno de 3.55 cm de radio y con una longitud de 70 a 90 cm, en cada tubo se añadió 40 cm de arena lavada para el buen drenaje, luego se agregó 1055 Mg de suelo combinado con el fosfoyeso y las propiedades establecidas de enmiendas orgánicas., en total se aplicaron 15 tratamientos. Para evaluar la eficiencia de biorremediación se cultivó plantas de tomate, la cual se tomaron variables de altura, diámetro del tallo y materia seca. Los resultados arrojaron que el vermicompost en proporciones de 1.5% recuperó el problema de salinidad en más de un 60%, resultando ser eficientes el compost y Lemna en dosis (1.5% y 3.0%), por lo tanto concluye que el uso de vermicompost sólido puede ser utilizados para la biorrecuperación de suelos salinos-sódicos. Además, las plantas de tomate lograron mayor crecimiento debido a los tratamientos de compost y vermicompost sólido.

En el valle Cauca de Bogotá, Colombia en el año 2005, se desarrolló un trabajo de investigación, cuyo propósito fue desarrollar una técnica de remediación de suelos

contaminados con sales en el Valle del Río Cauca haciendo uso de la vinaza concentrada, para ello, se usaron tres tipos de suelo: salino-sódico (1), salino-magnésico (2) y Ligeramente Salino- alcalino (3), los cuales fueron seleccionados de acuerdo a sus propiedades químicas., para ello se empacaron veinte columnas por cada suelo (densidad de suelo 1,50 gr/c.c) a una altura de 40 cm en tubos de PVC de 1.00 m de altura y 1,70 cm de diámetro con tratamiento de vinaza a diferentes dosis: 0, 100, 200, 300 y 400 m³/ha, para este experimento se diluyó la vinaza para que pueda pasar por la columna de suelo compactado, en el caso del lavado se simuló aplicando agua. Los resultados muestran que el tratamiento con dosis de 200 m³/ha de vinaza concentrada en suelo salino sódico (1) redujo eficientemente la concentración de sodio intercambiable de 11.04 Cmol/L a 5.04 Cmol/L, PSI (porcentaje de sodio intercambiable) hasta valores más bajos que los críticos para suelos sódicos y conductividad eléctrica desde 10.28 dS/m a 3.12 dS/m. En conclusión, la aplicación de vinaza concentrada a 3 diferentes suelos no presentaron cambios significativos en términos estadísticos, sin embargo, a medida que la dosis de vinaza aumentó hasta la mitad obtuvieron menores concentraciones en los parámetros (Rojas, 2005).

2.1.3. A nivel local

Hanco (2017) en el distrito Cerro Azul de la provincia de Cañete, ejecutó un trabajo de investigación, con el objetivo de determinar la eficiencia de la desalinización con *Beterraga* (*Beta vulgaris* L.) asociada al vermicompost y cal agrícola para el mejoramiento de la calidad del suelo, para ello, aplicó tres tratamientos vermicompost a 20%, Cal agrícola 70 gr y combinación de ambos con tres repeticiones en cada tratamiento y suelo testigo, esto se realizó en 12 macetas utilizadas para el experimento. Los resultados indicaron que el tratamiento combinado (vermicompost 20% y cal agrícola 70 gr) absorbe la mayor cantidad de sal del suelo siendo 6.715 dS/m siendo eficiente en el nivel de desalinización, la cual obtuvo 52.2 %. En

conclusión, se logró desalinizar el suelo en 52.2% mejorando la calidad del suelo como estrategia de adaptación al cambio climático y con respecto a la betarraga se adaptó incluso absorbió mayor sal del suelo en forma eficiente las proporciones combinadas. Asimismo, el vermicompost mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo, mientras que la cal agrícola favorece altamente a la disminución de sodio (Na) evitando así que se conviertan en suelos salinos-sódicos.

En el distrito la Molina a través de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) se desarrolló un trabajo de investigación, con el propósito de evaluar el efecto de incorporar vermicompost en comparación con compost preparados a base de residuos de podas de jardín y estiércol de vacuno en un suelo ligeramente salino de Ecuador, explotado dieciocho años con monocultivo de *Gypsophila paniculata*, para esto, se efectuó en un invernadero utilizando macetas con 1.5 kg de suelo, en la cual se agregó dosis de 0.25%, 0.50% 1.0% y 2.0%, para sembrar un planta de *Gypsophila* como indicador biológico para tres ciclos de cosecha, contando así con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados muestran que el tratamiento con compost de 0.5% en cosechas 1 y 2 logró mayor altura con 94 y 61 cm y peso seco del tallo de 27.1 y 13.2 g, mientras el tratamiento de vermicompost 0.5% fue mejor en la cosecha 3. En conclusión, el vermicompost presenta mejores índices de calidad para el suelo, ya que tiene menores valores de concentración de pH, salinidad, sodio y mayor humedad retenida. Por lo tanto, las enmiendas de compost y vermicompost generan mayor porosidad al suelo ya que disminuyen la densidad aparente. Además, recomiendan llevar el estudio experimental a nivel de campo para comprobar en situ los resultados obtenidos (Vázquez & Loli, 2018).

2.2. Marco teórico del problema

2.2.1. Suelo

El suelo está formado por una mezcla de minerales, materia orgánica y agua capaz de sustentar la vida vegetal. No obstante, la capa de suelo sobre la superficie es considerablemente delgada, la cual permite el desarrollo de las plantas, mantiene la humedad, normaliza su suministro y sirve como filtro y conductor del agua proveniente de las precipitaciones hacia los acuíferos subterráneos. Además, se responsabiliza de reciclar materia prima, nutrientes; y es el medio para una gran variedad de microorganismos como hongos y bacterias (Corcuera, 2016).

El suelo está formado por tres fases; en la fase sólida está constituida por componentes inorgánicos al 95% y orgánicos aproximadamente al 5%, estos elementos crean espacio donde se localiza el aire, la fase gaseosa cuyo contenido difiere del aire (atmósfera); y en la fase líquida constituye la retención de agua (Hernández, 2011; Corcuera, 2016).

2.2.2. Degradación de suelos

La degradación de suelos representa la pérdida y alteración de equilibrio de las propiedades físicas, químicas, biológicas o bioquímicas, que conducen a la disminución de fertilidad, baja capacidad cuantitativa o cualitativa de productividad; estos fenómenos suceden por varios procesos como la erosión hídrica o eólica, el deterioro de la estructura del suelo, la salinización y la acidificación.

Los procesos de degradación, en la mayoría suceden por acciones incorrectas de la humanidad, pero también hay fenómenos naturales, tales como la topografía del área, el clima, la temperatura, las lluvias, etc., que apoyan el desarrollo de explícitos procesos de degradación. Estos fenómenos se pueden sintetizar en función del tipo de degradación que originan, los cuales se pueden visualizar en la figura 1.

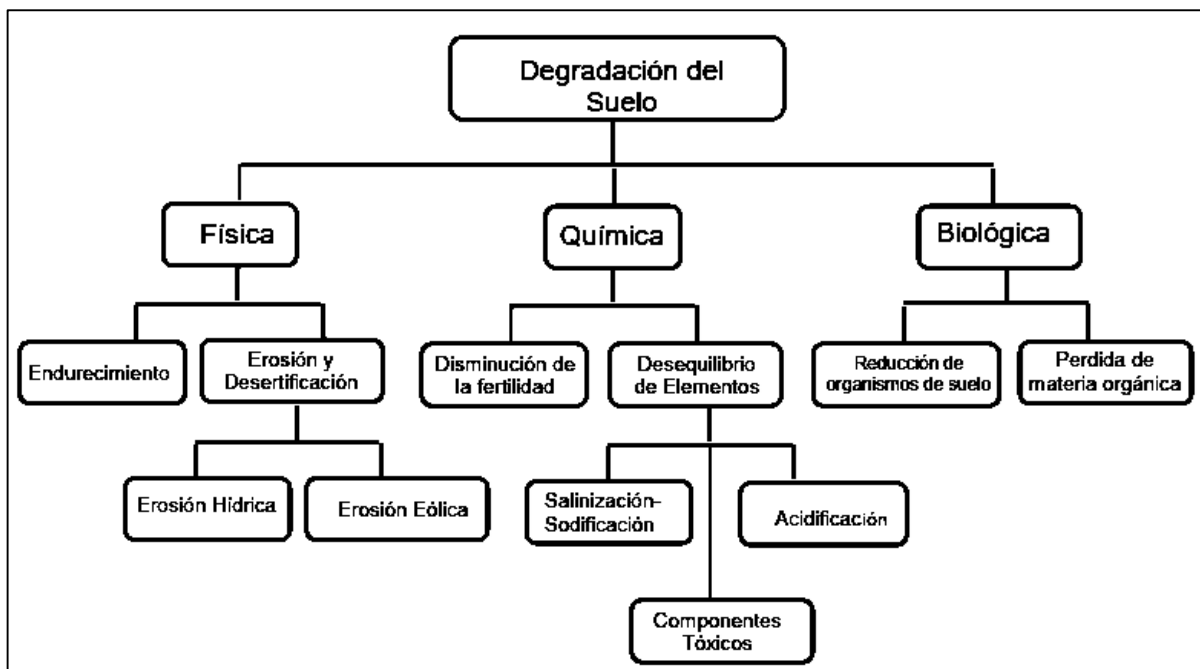


Figura 1. Procesos de degradación del suelo (Mogollón, 2014)

2.2.3. Salinización de suelos

Si bien desde los tiempos antiguos la salinización ha provocado un problema permanente en los suelos; sin embargo, recién en el siglo XX del año 1954, diversos investigadores (United States Salinity Laboratory de Riverside) formaron una base conceptual, la cual lograron reunir información importante para el manejo de suelos salinos. Entonces en 1993 en el seminario Cuba- México se implantó un concepto que tiene relación hasta la actualidad, que la salinización “es consecuencia de procesos naturales y/o antrópicos presentes en los suelos que conllevan mayor o menor nivel de acumulación de sales, que perturbar la productividad del suelo” (Ramírez, 2016).

El termino de salinización en los suelos es un tipo de degradación y/o fenómeno natural que radica en el enriquecimiento o acumulación de sales en agua en las zonas áridas y semi áridas, dichas sales se encuentran como cationes al sodio (Na^+) potasio (K^+), magnesio (Mg^{2+}), calcio (Ca^{2+}) y aniones al cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3^-); cabe resaltar que estas tienen efectos negativos en las propiedades fisicoquímicas de los suelos, de la misma manera en las raíces de plantas por ende en su crecimiento, desarrollo y productividad (Marchese, 2015; Hernández 2011). Así mismo, Hernández (2011) agrega que estos suelos permanecen gran concentración de sales solubles, prevaleciendo del tipo cloruros de sodio y sulfato de sodio, esto explica el elevado sodio que ocupa en los espacios intercambiables.

2.2.4. Salinización en zonas áridas y semiáridas

La problemática de salinización se desarrolla normalmente en zonas áridas y semiáridas del mundo (ver figura 2), debido a la alta tasa de evapotranspiración y la precipitación escasa. Asimismo, se relacionan los problemas de drenaje y elevadas temperaturas, en consecuencia, no sucede un lavado óptimo del suelo, generando así sales no removidas o trasladadas a lugares apartados de su origen, por consecuente tiende acumularse en estas zonas (Ramírez, 2016).

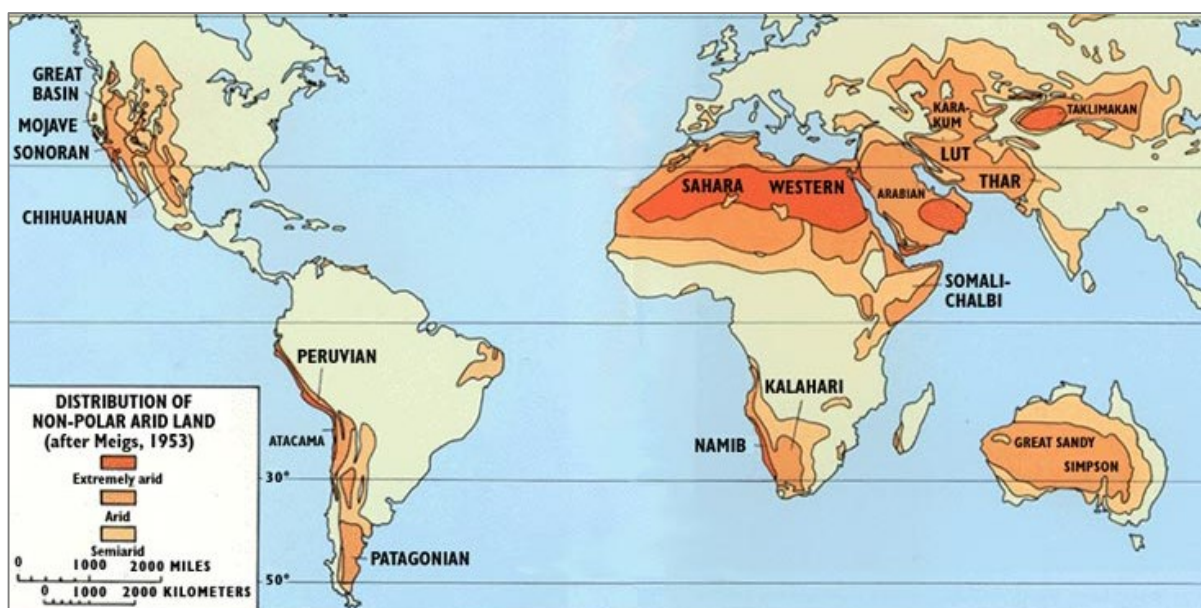


Figura 2. Mapa Mundial de zonas áridas y semiáridas, adoptado por (Ibáñez, 2008).

Además, Fox (2013) menciona que estas regiones se observan bajas precipitaciones produciendo que los sistemas de drenaje sean incorrectos, siendo un factor relacionado al desarrollo de salinización y a la existencia de una napa freática elevada a poca profundidad o baja permeabilidad del suelo ocasionando la formación de suelos salinos. En el caso de la zona costera peruana, se caracteriza por ser árido y semiárido cálido, existen valles, laderas y llanuras con escasa y nula vegetación, cuya presencia en estos suelos es de franco arenoso, y baja fracción de arcillas; que asociada a las condiciones climáticas tienden a poseer problemas de salinización y/o salinidad.

2.2.5. Clasificación de suelos por salinización

Los suelos afectados por salinización se basan fundamentalmente en tres indicadores, los cuales son; conductividad eléctrica (CE), porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y potencial de hidrógeno (pH), de los cuales la CE indica los niveles de sales acumulados en los suelos, el PSI es el índice utilizado para conocer el porcentaje de sodicidad en un suelo y el pH indicador de la neutralización de un suelo (Pinchao, 2013).

En ese sentido, Bandera (2013) establece que la clasificación de suelos afectados por salinización y/o salinidad, son básicamente de tres categorías la cual se muestra en la tabla 1, donde se describe las características en relación a sus indicadores como el pH, conductividad eléctrica y porcentaje de sodio intercambiable:

Tabla 1. *Clasificación de suelos afectados por salinización*

Tipo de suelo	pH	PSI (%)	CE (dS/m)
Normal	6 a 7	< 15	<2
Salinos	<8.5	<15	>4
Sódicos	>8.5	>15	<4
Salino-Sódicos	>8.5	>15	>4

Fuente: (Bandera,2004; Corcuera 2016).

Por consiguiente, Mogollón (2014) manifiesta que todo suelo tiene un grado de concentración de sales; sin embargo, la acumulación de sales solubles en el suelo se debe primordialmente a problemas de drenaje, alta evapotranspiración y precipitación insuficiente, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

a) Suelos Salinos

Un suelo salino se le denomina cuando tiene exceso de sales solubles, esto implica que la conductividad eléctrica del extracto de saturación, es $>$ a 4 dS/m a 25 °C, con un pH menor a 8.5 y su PSI menor a 15% (Alarcón, 2010; Fox, 2013). Además, Torres (2014) menciona que estos suelos casi siempre están floclados debido al abundancia de sales y a la falta de sodio intercambiable.

Los suelos salinos preferentemente están en aquellas regiones áridas y semiáridas, en donde las precipitaciones son casi nulas, generando suelos pobres en materia orgánica a consecuencia de la evapotranspiración; esta condición beneficia los procesos de acumulación y precipitación de minerales por ausencia de un régimen de lavado (Mogollón, 2014).

b) Suelos Sódicos

En estos suelos predominan concentraciones excesivas de sodio (Na), por lo tanto, el pH es alto $>$ 8.5, por ende, las condiciones físicas del suelo se deterioran por dispersión de las arcillas y materia orgánica; además se ve afectado en la capacidad de transferir agua y gases. Así mismo, presentan desequilibrios nutricionales que afectan a las plantas (Mogollón, 2014).

c) Suelos salino- sódicos

Pinchao (2013) afirma que estos suelos se encuentran en las zonas áridas con elevadas concentraciones de sales solubles y sodio (Na), restringiendo el crecimiento de plantas, donde las partículas de suelo permanecen floculadas, su apariencia es parecida a la de los suelos salinos. Por su parte, Torres (2014) menciona que estos suelos pueden convertirse en suelos sódicos a consecuencia de lavados que eliminan sales, generando una elevación de pH, la cual deflocula el suelo y se manifiesta desfavorable para infiltración y labores agrícolas.

2.2.6. Sales presentes en los suelos salinos

De acuerdo Jahnsen (2013) menciona que los tipos de sales con mayor presencia en los suelos salinos son los que muestran a continuación (ver tabla 2).

Tabla 2. *Tipos de sales frecuentemente presentes en suelos salinos*

Clase	Presencia en los suelos salinos	Toxicidad para las plantas
Cloruros		
Sodio	Común	+++
Magnesio	Común	++++
Calcio	Raro	++
Potasio	Baja	+
Sulfatos		
Sodio	Común	++
Magnesio	Común	++++
Potasio	Baja	+
Carbonato sódico	Suelos sódicos	+++++
Bicarbonato sódico	Suelos sódicos	++++

Fuente: Porta et al., (2003).

En términos generales, los cloruros y sulfatos son indicadores más habituales en la formación de suelos salinos y de las condiciones que presentan estos suelos. Y en el caso de carbonatos y bicarbonatos sódicos está relacionado a condiciones fisicoquímicas preferentemente vinculado a procesos de alcalinización del suelo; los cuales, generan circunstancias perjudiciales para el desarrollo de las plantas (Porta et al., 2003).

2.2.7. Origen de la salinización en el suelo

El origen de la salinización en los suelos sucede primordialmente por factores litológicos, geomorfológicos, hidrológicos, climáticos y antropológicos; para ello es necesario comprender el ciclo biogeoquímico de cada elemento, de esa manera se conseguirá identificar su origen y camino mediante estos componentes (Porta et al., 2003).

Asimismo, Porta et al., (2003), citado por Jahnsen (2013) & Marchese (2015) establecen una clasificación de acuerdo a las dinámicas del suelo, condiciones del lugar y este agrupada en cinco ciclos de salinización:

a) Ciclos Continentales

El desarrollo de suelos salinos en áreas continentales, ocurre por la movilización constante de las sales debido a que las rocas ígneas y/o sedimentarias sufren transformaciones que alteran propiedades originales o llamado también meteorización, la cual se cumplen diversos ciclos de movilización y acumulación de (cloruros, sulfatos, bicarbonatos y carbonatos sódicos). Esto se debe a factores climáticos (presencia de zonas áridas) y geomorfológicos (aparición de laderas).

- *Acumulación primaria:* Las sales solubles existentes en el suelo resultan de la meteorización de las rocas, las cuales se depositan in-situ y no son trasladadas.
- *Acumulación secundaria:* En este caso, las sales se trasladan, re-movilización y almacenan en espacios separados de su sitio de origen.

b) Ciclos Marinos

Son suelos cercanos a la zona costera (zona litoral) tienen especialmente una alta acumulación de cloruro de sodio (NaCl). Estas sales proceden del agua subterránea salina a causa del alto nivel freático y su cercanía al perfil del suelo (elevación capilar) o por consecuencia del viento que traslada las sales marinas en forma de aerosoles.

c) Ciclos deltaicos

Los espacios deltas son excelentes para el proceso de la agricultura, por la disponibilidad del medio hídrico y la buena fertilidad que muestra estos suelos. Sin embargo, se ve afectado por interacción del agua marina, transporte de agua de riego y napa freática que con lleva a la salinización.

d) Ciclos artesianos:

Este proceso de salinización se generan en áreas con presencia de fallas o facturas que permiten afloraciones y/o ascenso del agua subterráneas salinizadas, desde niveles freáticos muy profundos. Este característico en zonas distantes al litoral y donde los factores ambientales no son propicios para la acumulación de sales.

e) Ciclos antropogénicos:

Es el fenómeno con mayor causa de celeridad del proceso de salinidad., debido a las malas prácticas agrícolas, al uso excesivo de fertilizantes químicos, riego por inundación descontrolado o con agua contaminada, quema del cultivo residual y hasta las actividades industriales y mineras; ocasionando la disponibilidad y aumento excesivo de sales.

Si bien el área de estudio puede coincidir con uno o más ciclos de salinización, esta investigación se centra el proceso salinización de origen natural, la cual está relacionado principalmente a las altas tasas evapotranspiración, escasa precipitación y ausencia de plantas.

2.2.8. Estado de salinización a nivel mundial

Según la (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 1973), citado por Soca (2015) menciona que la salinización es uno de los fenómenos de degradación del suelo más extenso en todo el mundo; consecuentemente aseguran que existen alrededor de 1 500 millones de hectáreas cultivadas a nivel mundial, de las cuales aproximadamente 114 millones de ha están afectadas por la salinización. Asimismo, se ha concluido que se desperdicia anualmente 1.5 millones de ha por salinización, siendo Estados Unidos con 28%, China con 23%, Paquistán con 21%, India con 11% y México con 10%, los países con altos porcentajes de áreas degradadas que sufren de dicha problemática.

Del mismo modo, Fox (2013) indica que la Unión Europea, el fenómeno de salinización del suelo afecta aproximadamente a 7 millones de ha; especialmente a Australia y Asia ya que, que poseen grandes áreas afectadas por la salinización y/o salinidad como se muestra en la Tabla 3. La salinización revela otro factor importante para ocurra dicho proceso es la desertificación, la cual, constituye una situación más grave para la degradación del suelo; esto sucede a consecuencia de aumentos de las temperaturas y bajas precipitaciones que se están registrando últimos tiempos en algunas zonas del mundo.

Tabla 3. *Distribución global de suelos afectados por salinización*

Área	Salinización (datos en millones de ha)			Total (%)	Sal inducido por el hombre (%)
	Suelos Salinos	Suelos Sódicos	Total		
Australia	17.6	340.0	357.6	38.4	1.2
Asia	194.7	121.9	316.5	33.9	68.8
América	77.6	69.3	146.9	15.8	5.7
África	53.5	26.9	80.4	8.6	19.3
Europa	7.8	22.9	30.8	3.3	5.0
Mundial	351.2	581.0	932.2	100	100

Fuente: (Ramírez, 2016).

En actualidad, aproximadamente el 20 % del total de áreas de cultivo en el mundo tienen irrigación; sin embargo, están en las regiones áridas y semiáridas, con lo que corren peligro de saturarse de sal, por ende, causa baja producción agrícola y puede afectar las tierras e imposibilitar la recuperación de las mismas (Carrow & Duncan, 2012). Esto sucede a causa de la irrigación en significativas cantidades de agua y por consecuencia a la ausencia de drenaje, provoca incremento en la napa freática, ya que, esta evapora desde la superficie y las sales permanecen en los suelos aumentando su concentración (Jahnsen, 2013). Para tal efecto, los tratamientos con enmiendas orgánicas resultan ser excelentes prácticas para la reducción de sales y biorrecuperación de estos suelos.

2.2.9. Estado de salinización a nivel nacional

El Perú ostenta una extensión de 128.5 millones de hectáreas, de las cuales, solo 5.4 millones de ha son áreas cultivadas, mientras que 2.2 millones de hectáreas no están siendo utilizadas a pesar de poseer un potencial para cultivo (MINAG, 2010). Por lo tanto, el total de áreas con capacidad para áreas cultivables es de 7.6 millones de hectáreas, de las cuales 16% se encuentra en la costa, 52% en la sierra y 32% en la selva (INEI, 2007).

En ese sentido, Fox (2013) considera que las mejores tierras de agricultura, se ubican en valles de la costa peruana, debido a la intensa práctica de cultivos con orientación técnica, tecnológica e inversiones en los fondos de los valles, es por ello, que son tierras de alta productividad. Sin embargo, el escenario de ensalinamiento de las zonas costeras están afectando y reduciendo la producción agrícola.

La situación de salinización en el Perú, se presenta en la región árida costera desde años anteriores, sin embargo, en la actualidad no se cuenta con información actualizada sobre la cantidad de suelos afectados por salinización (Ramírez, 2016). Sin embargo, la (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales [ONERN], 1973) estimó que cerca de 300 mil ha con problemas de drenaje y salinización a lo amplio de la zona costera, tal como se ilustra en la tabla 4.

Estos problemas de salinización se deben fundamentalmente, a fenómenos geomorfológicos y geológicos, asimismo, a malas prácticas de riego, uso excesivo de fertilizantes, inadecuado drenaje de los suelos con respecto a los valles de las zonas costeras. Además, por origen natural, resulta por la presencia alto nivel de evapotranspiración y precipitación mínima, mostrando la costa un territorio ideal para acumular un alto contenido de sales, que se encuentran retenidas en el suelo (Fox, 2013). Particularmente el último origen de salinización mencionado suele darse mayormente en las laderas, cerros y pampas donde existe poca presencia o nula vegetación; es por ello, que esta investigación pretende reducir la concentración de sales mediante la incorporación de enmiendas integradas, las cuales presentarán efectos sobre las propiedades químicas y biológicas de los suelos salinos.

Tabla 4. *Suelos afectados por salinización en la costa peruana*

Valle Costero	Salinización ligera a moderada, drenaje imperfecto (ha)	Fuertemente salinos sin problemas de drenaje (ha)	Severa y muy severamente salinos y muy mal drenaje (ha)	Total afectado por salinización y mal drenaje (ha)
Tumbes			4 880	4 880
Chira	5 514	500	4 050	10 064
Medio y Bajo Piura	15 734	4 674	18 336	38 744
Alto Piura	2 000	5 000	4 000	11 000
Col. San Lorenzo	5 000	2 800	5 200	13 000
Chancay-Lambayeque	14 000	10 360	23 640	48 000
Jequetepeque-Zaña	2 385	3 515	22 328	28 228
Chicama	4 400	3 600	22 347	30 347
Moche	1 032	2 000	747	3 779
Virú	4 333	N.D.	1 596	5 929
Chao	578	2 500	549	360
Santa-Lacramarca	2 820	2 016	4 182	9 018
Nepeña	2 100	1 560	120	3 780
Casma-Sechin	1 150	1 130	900	3 180
Culebras	380			380
Huarmey	290	490	290	1 070
Fortaleza-Pativila-Supe	1 248	15	1 656	2 919
Huaura-Sta. Rosa	3 420	508	2 052	5 980
Chancay-Huaral	1 770	610	2 020	4 400
Chillón-Rimac-Lurín	1 000		1 714	2 714
Mala		440	1 150	1 590
Cañete	1 036	1 000	2 024	4 060
Chincha		800	1 460	2 260
Pisco	5 000		2 500	7 500
Ica-Villacurí	2 615	7 100	200	9 915
Ingenio-Palpa-Nazca		114	66	180
Acarí			964	964
Yauca	219	576	173	968
Chaparra y Atico	56	60		116
Ocoña	370		19	389
Camaná		300	1 000	1 300
Pampa de Majes-Siguas	14 036	1 156		15 192
Valle Majes		1 260	1 500	2 760
Chili reg. Yura-Vitor-siguas	528	100	1 314	1 942
Tambo	2 341	1 000	1 400	4 741
Locumba		1 179	2 000	3 179
Sama		971	1 925	2 896
Moquegua			517	517
Caplina-Yarada	3 027	2 926		5 953
Total	98 382	61 260	138 819	298 461

Fuente: Instituto Nacional de desarrollo INADE (2010).

2.3. Marco teórico de la metodología

2.3.1. Biorrecuperación de suelos

Biorrecuperación o biorremediación es una tecnología de descontaminación muy utilizada actualmente a través de microorganismos (levaduras, hongos, bacterias, etc.) para equilibrar o degradar sustancias contaminantes; logrando transformar en sustancias de presencia menos tóxicas o transformar en inocuas para el medio ambiente y la salud humana. Entre los sustratos (enmiendas orgánicas) utilizadas para la biorrecuperación están los abonos verdes, compost y vermicompost (Mogollón, 2014 & Hernández, 2011).

De acuerdo a Hernández (2011) la biorrecuperación es un conjunto de técnicas que permiten aumentar la biomasa microbiana del suelo, la cual debe cumplir ciertos requisitos para que sea eficiente; usar dosis equilibradas, sustratos con microorganismos, el sitio y condiciones ambientales apropiadas para que los procesos de biodegradación ocurran. Asimismo, Hernández (2011) manifiesta que el término biorrecuperación no debe limitarse a la restauración de suelos contaminados por desechos químicos derivados principalmente de la industria, minería y actividades con hidrocarburos, sino también aquellos suelos degradados por otros elementos como las sales.

2.3.2. Procesos de Biorrecuperación

Según Mogollón (2014) & Rincón (2004) mencionan en términos generales que las técnicas de biorrecuperación se emplean mezclas de ciertos microorganismos y plantas capaces de degradar o acumular sustancias contaminantes. Las técnicas son las siguientes:

a) Degradación enzimática

La degradación enzimática consiste en la utilización de enzimas en el área contaminada con el objetivo de degradar sustancias contaminantes. Estas enzimas son previamente producidas naturalmente por bacterias transformadas genéticamente con el gen que codifica para cada enzima modificada en específica.

b) Fitorremediación

La fitorremediación es generada a partir de la capacidad resistente de ciertas especies vegetales que conllevan a absorción, acumulación, metabolización, volatilización o estabilización de contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos, compuestos derivados del petróleo y sales.

c) Remediación Microbiana

En este tipo de remediación se usan microorganismos que transforman diferentes compuestos contaminantes y otros de menor impacto ambiental. También, se usan bacterias con la función de acumular o metabolizar metales pesados u otros elementos, cabe señalar que las bacterias son las más empleadas en el proceso de biorrecuperación.

Las actividades microbianas en el proceso de biorrecuperación se pueden resumir en la figura 2. Los microorganismos consumen contaminantes como fuente de carbono y algunos nutrientes como fósforo y nitrógeno. La digestión de estos compuestos en sustancias más simples como parte del metabolismo del microorganismo, puede resultar en la degradación del compuesto en forma parcial (transformación) o total a dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).

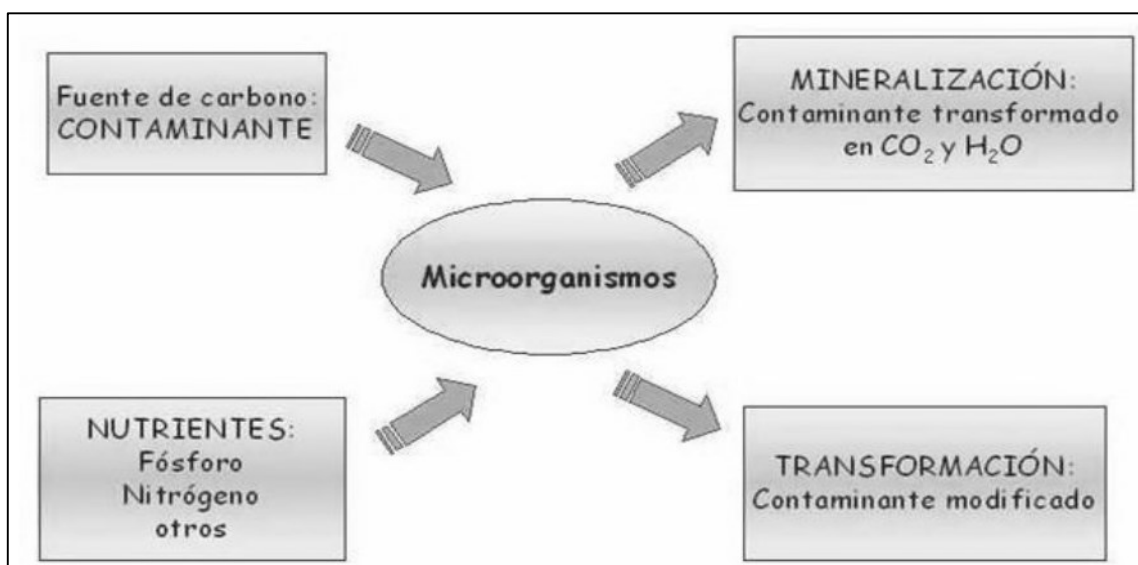


Figura 3. *Metabolismo microbiano, adoptado por (Ricon, 2004).*

Según Toledo (2009) La biorrecuperación de suelos se subdivide en varias técnicas metodológicas, de acuerdo a las necesidades y características del problema. Para este caso se describe el tipo de biorrecuperación orientado a la salinización en el suelo del presente estudio:

d) Mezcla compostada

Es un proceso de actividad biológica, la cual se tratan de suelos contaminados mediante la mezcla de elementos orgánicos sólidos como paja, aserrín, estiércol y desechos agrícolas que son capaces de regular la cantidad de nutrientes, aumentar la generación de calor y la aereación.

2.3.3. Ventajas y desventajas de Biorrecuperación

La biorrecuperación de suelos tiene las siguientes ventajas y desventajas:

Tabla 5. *Ventajas y desventajas de biorrecuperación*

Ventajas	Desventajas
Proceso natural y aceptable con el medio ambiente	Requiere de mezclas apropiadas a los contaminantes
Requiere equipamiento mecánico mínimo	Generalmente, requiere largos tiempos de tratamiento
Capaces de degradar compuestos peligrosos	El proceso es altamente sensible a tóxicos y a las condiciones ambientales
Puede ser aplicado in situ o ex situ. In situ poder ser más económica y segura.	Existe la posibilidad de que la degradación parcial de los contaminantes origine movilidad de tóxicos
Técnica de bajos costos	

Fuente: Mogollón (2014).

2.3.4. Biorrecuperación con enmiendas orgánicas

La biorrecuperación está basada en la recuperación de suelos salinizados con enmiendas orgánicas la cual, se le conocen como mejoradores de la estructura y permeabilidad del suelo (Bandera, 2004). Las enmiendas orgánicas se han manifestado con resultados positivos en las zonas áridas, siendo una estrategia esencial para mejorar el ciclo de los nutrientes, actividad microbiana y la capacidad de degradación del contaminante, para ello es necesario usar dosis óptimas de enmiendas orgánicas y condiciones ambientales adecuadas para que ocurran los procesos de degradación de sales y así encontrar un efecto positivo sobre las dinámicas enzimáticas y microbiológicas del suelo, las cuales, indirectamente son indicadores del desarrollo de los cultivos y calidad del suelo (Bandera, 2004; Hernandez, 2011).

La enmienda de residuos orgánicos son una excelente estrategia para la biorrecuperación., pues se han demostrado que sustratos provenientes del compost, turba, fibra de coco, estiércoles, mulch y corteza de pino pueden absorber o sustituir iones de la solución del suelo, acelerar el lixiviado de Na^+ , reducción del porcentaje de sodio intercambiable y la conductividad eléctrica., en consecuencia, incrementa la infiltración de agua, capacidad de retención de humedad y la estabilidad de agregados en suelos (Hernández, 2011).

Asimismo, Hernández (2011) indica que el mejoramiento mediante enmiendas orgánicas beneficia la reactivación de ciclos biogeoquímicos en los suelos áridos, ya que los aportes de estas podrían rehabilitar la fertilidad perdida de estos suelos. Además, la aplicación de enmiendas orgánicas mejora las propiedades microbiológicas y químicas incluso el ciclo de nutrientes del suelo degradado en zonas semi áridas.

Según Cabrera (2007) las enmiendas orgánicas, tienen como objetivo principal mejorar y corregir las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, los cuales poseen alto grado de materia orgánica y nutrientes en su composición física. Por ende, su aplicación, en suelos degradados por erosión, salinización y desertificación y más la adaptación de buenas prácticas agrícolas son factores claves para la recuperación productiva de los suelos salinos (García, 2013).

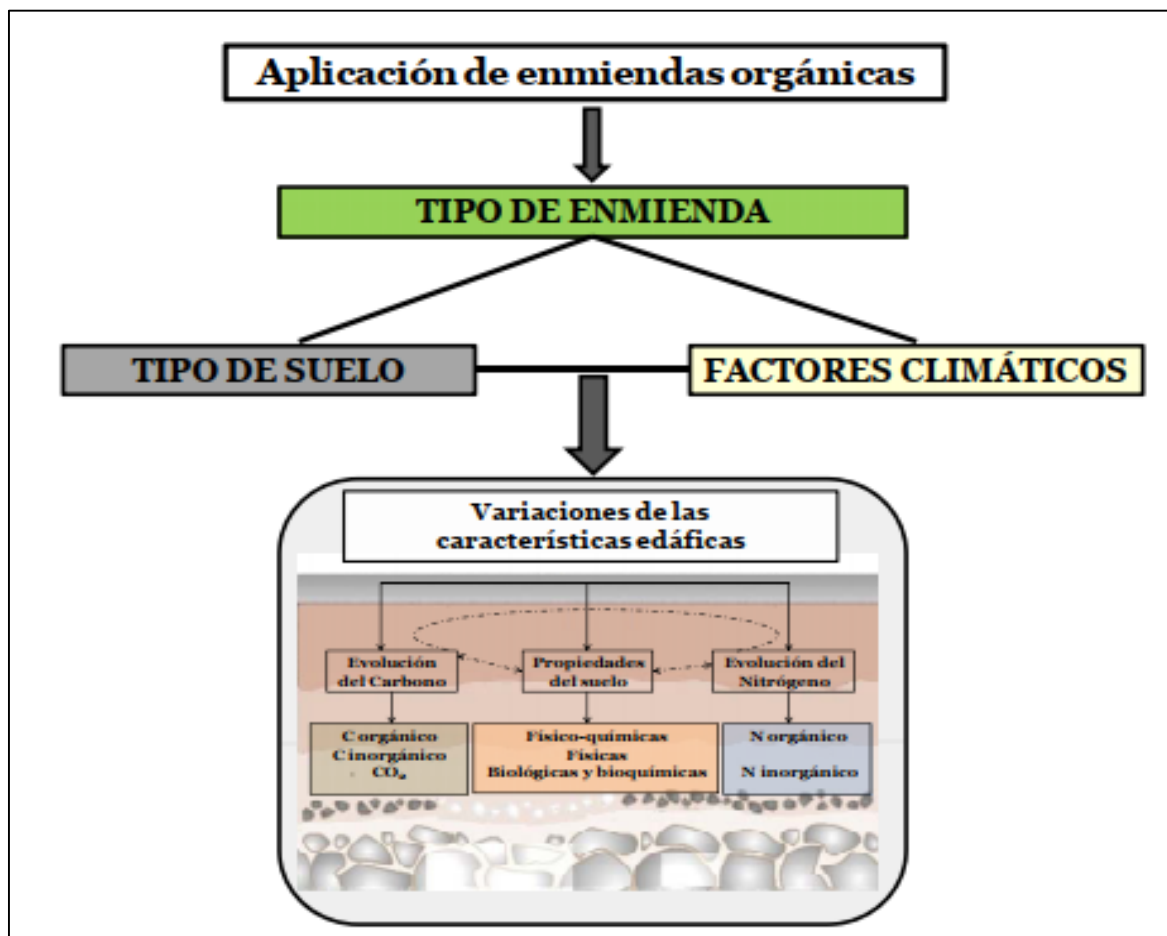


Figura 4. Principales factores de influencia en las características del suelo tras la aplicación de enmiendas orgánicas (Mardomingo, 2014).

En la tabla 6, muestra que los diferentes tipos de las enmiendas orgánicas que aportan ciertos porcentajes de materia orgánica, humedad máxima y extracto húmico., a partir de sus materias primas.

Tabla 6. *Aporte de diferentes tipos de enmiendas orgánicas según su materia prima*

Tipo de enmienda	Materia prima	Materia orgánica (%)	Humedad máxima (%)	Extracto húmico (%)
Húmica	Animal o vegetal (turba, lignito o leonardita)	25	40	5
Turba de musgo	Musgo, principalmente genero <i>Sphagnum</i>	20	-	-
Turba herbácea	Turberas bajas principalmente (<i>Carex</i> , <i>Phragmites...</i>)	45	-	-
Compost	Cualquier residuo orgánico biodegradable	35	40	-
Compost vegetal	Restos vegetales	40	40	-
Compost de estiércol	Deyecciones animales	35	40	-
Vermicompost	Digestión por lombrices de Materiales orgánicos, esencialmente estiércol	30	40	-

Fuente: Real Decreto 824/2005, adoptado por Espinosa (2010).

2.3.5. Enmiendas orgánicas empleadas

Según Espinosa (2010) & Vásquez (2018), mencionan que las enmiendas orgánicas son procedentes de materiales de origen vegetal, animal o mezclas de estas, los cuales son tratados mediante algún proceso de estabilización que se aplican a los suelos con el objetivo principal de mejorar las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo.

Además, Espinosa (2010) indica que los factores que influyen el proceso de preparación (mezcla) de enmiendas orgánicas, previo a dicha actividad se debe considerar; la procedencia del residuo biodegradable, contenido de microorganismos, tamaño de partículas, temperatura y pH. En ese sentido, según su procedencia los materiales a usar tienen características diferentes de origen vegetal y animal. Cabe mencionar, para efectos de preparación de la enmienda orgánica de este estudio solamente se ha realizado una mezcla previa a su incorporación al suelo, puesto que, estos materiales orgánicos sus partículas se encuentran en tamaños menores < 5 cm y contiene microorganismos en el estiércol, por lo tanto, se encuentran en óptimas condiciones para su aplicación.

Para Hernández (2011) el compost y/o enmiendas orgánicas mezcladas pueden manejarse eficazmente en el proceso de recuperación de suelos salinos en condiciones desfavorables de clima, con precipitaciones anuales menores 300 mm, altas temperaturas y de evapotranspiración, por lo tanto, es propicio utilizar materiales orgánicos (enmiendas) porque mejora enormemente las propiedades químicas de los suelos salinos, al aumentar el CIC, cationes intercambiables, la cual limita el ingreso del sodio dentro del complejo de intercambio catiónico.

De acuerdo al Real Decreto 824 sobre productos fertilizantes (2005) afirma que las enmiendas orgánicas es cualquier material o residuo orgánico biodegradable, la cual en el anexo IV de la misma normativa, considera al aserrín, estiércol y residuos urbanos entre otros, como elementos que conforma los residuos orgánicos biodegradables.

Tabla 7. *Ventajas y desventajas del compost “residuos biodegradables”*

Ventajas	Desventajas
El material transformado es capaz de aportar buena cantidad de humus al suelo	Se pierden los nutrientes en parte inicial de la oxidación
Balancedor de elementos nutricionales	Se puede producir malos olores
Mejora preferentemente las propiedades físicas del suelo	
Material biológicamente estable	
Reducen los patógenos en los desechos tratados.	

Fuente: Jaramillo (2002).

La aplicación de estiércol de animales, lodos de aguas residuales, desechos domésticos, residuos vegetales representa una estrategia de gestión que podría combatir el agotamiento de la materia orgánica especialmente en los suelos salinos (Hernández, 2011). A continuación, se detallan las enmiendas orgánicas usados en la biorrecuperación de suelo salino de la ladera del establo Agropecuaria Villa Asís:

a. Estiércol de vaca

Según Espinosa (2010) menciona que el estiércol proviene de las excreciones de tipo vacuno, que ejerce acciones positivas sobre las propiedades edáficas, ya que están aptos para generar estabilidad estructural, porosidad y retención de agua en el suelo. Además, es favorable por su efecto biológico, porque posee una variedad de microorganismos dentro de su composición que son capaces de transformar y degradar los contaminantes del suelo.

Tabla 8. *Ventajas y desventajas de los estiércoles en el suelo.*

Ventajas	Desventajas
La rápida mineralización, es decir aporte de nutrientes	Pueden inducir descomposición de la materia orgánica nativa del suelo
Los nutrientes son disponibles para las plantas	Puede causar salinidad por exceso de aporte
Aumenta la actividad biológica	Puede crear desbalances nutricionales
Posibilidad de mezclarse con materiales resistentes a la descomposición para aumentar así su efecto	

Fuente: Jaramillo (2002).

Además, Peña, et al., (2002) afirma que es un material orgánico reconocido por su riqueza en nitrógeno y por su alta humedad; ya que su objetivo prioritario es mantener el equilibrio húmico del suelo, para ello dependerá de las prácticas de manejo, del tipo de suelo, del clima y de su contenido en materia orgánica. En tabla 9, describe aportaciones recomendables de estiércol vacuno y su periodicidad de conservación a partir de la clase de los suelos.

Tabla 9. Dosis de estiércol vacuno recomendable y tiempo necesario para su aplicación

Clase de suelo	Aportación y Conservación	
	Dosis (kg/m ²)	Tiempo (años)
Arenosos y calizos	2.5-2.5	Cada 2
Francos	3.0-3.5	Cada 3
Arcillosos	4.0-5.0	Cada 3

Fuente: Espinosa (2010).



Figura 5. Estiércol seco de vaca del establo Villa Asís

Cabe indicar que el estiércol de vacuno tiene función de fijador de microorganismos, mientras el aserrín es un elemento aireador de la estructura del suelo (Buendía, 2013).

b. Aserrín

El aserrín también conocido como polvo de madera, es un material orgánico de origen vegetal resultante del proceso de corte madera, molienda, trituración y pulverización en las industrias de maderera entre ellas se encuentran el tornillo, cedro, capirona, cachimbo y otros (Ríos, 2016 & Buendía, 2013).

Por su parte Peña, et al (2002) mencionan que el aserrín es un residuo que procede de las labores del serrado de madera, la cual este material es considerado un enmendante para los suelos degradados, ya que se caracteriza por su alto contenido de carbono, degradación lenta, favorece la infiltración, retención agua y es absorbente de olores. Así mismo Grez (1995) agrega que la utilización del aserrín en la recuperación de suelos, tiene la capacidad de mejorar las texturas extremas de suelos arcillosos y arenosos.



Figura 6. Aserrín obtenido de la empresa aserradora de madera INVPSAC

➤ **Beneficios del estiércol y aserrín**

Los beneficios que la materia de origen animal y vegetal en los suelos son los efectos de los microorganismos que están situados en la mejora de las características físicas, biológicas y supresión de enfermedades (Buendía, 2012); por lo tanto, los efectos pueden ser:

- Efectos en las condiciones físicas del suelo: mejora de la estructura y agregación de partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua.
- Controla las poblaciones de microorganismos patógenos que puedan desarrollarse en el suelo por competencia.
- Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos beneficios nativos prosperen.

c. Tierra Chacra

Es un material natural con abundancia y composición variable dependiendo de su textura en arcilla, arena y limo, regulación de partículas del suelo, fertilidad y porcentaje materia orgánica (Molina, 2016).

Para esta investigación se aplicará tierra proveniente de la zona de Pariachi -Ate, donde este sitio en años anteriores eran parte de la agricultura., sin embargo, ahora se realizan excavaciones de zanjas para construcción de casas., estas tierras contienen buena estructura granular, buen contenido de materia orgánica, de tipo arcilloso, capacidad de retención agua y con apariencia de color marrón (Molina, 2016). Por lo tanto, resulta importante sus propiedades para la restauración de suelos.



Figura 7. Tierra de Chacra por excavación de zanjas en la zona de Pariachi

Según Garro (2017) aclara que las enmiendas antes mencionadas deben mezclarse muy bien y el tamaño de los trozos (partículas) deben ser entre 1 a 5 cm; esto es apropiado para facilitar el compostaje (mezclado) principalmente cuando el sustrato proviene de origen leñoso. También menciona que la mezcla de componentes debe ser equilibrado en carbono y nitrógeno, por ende, el material rico en carbono es el aserrín y el material rico en nitrógeno es el estiércol y la tierra como componente estabilizador de materia orgánica.

2.3.6. Importancia de las enmiendas orgánicas

Las enmiendas orgánicas son consideradas la mejor opción para mejorar las propiedades del suelo, la cual su uso permite el aumento de la producción y la obtención de productos agrícolas orgánicos (saludables) o de calidad; así mismo certifica el desarrollo de actividades agroecológicas, que están orientadas a la producción de alimentos de calidad y saludables (Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación [SAGARPA], 2007).

La importancia de las enmiendas también radica en su diversa composición de la enmienda orgánica, ya que inician con proceso de descomposición o de mineralización, esto hace que cambie su composición orgánica (seres vivos) a su composición inorgánica (minerales, solubles o insolubles). Estos minerales fluyen por la mezcla de las enmiendas orgánicas, y cuando son aplicados al suelo, también fluyen en ellos, y al mismo tiempo son aprovechados por las plantas y microorganismos, posteriormente son estabilizados hasta convertirse en humus mediante el proceso de humificación (Román, Martínez & Pantoja, 2013).

En ese sentido, al recuperar y mejorar las características de los suelos degradados de zonas áridas y semiáridas, a partir de la incorporación de enmiendas orgánicas, permitirá la mejora e incremento del ciclo de los nutrientes, al mismo tiempo lograr la fertilidad estable de los suelos salinos (Hernández, 2011). Además (Peña, et al., 2002) menciona que tiene la capacidad de mejorar y acondicionar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, en la tabla 10 se describe las influencias de las enmiendas orgánicas en las propiedades del suelo.

Tabla 10. *Influencias de las enmiendas orgánicas en las propiedades de los suelos salinos*

Propiedades físicas	Propiedades químicas	Propiedades biológicas
Mejora la estructura.	Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.	Estimula la microflora del suelo.
Aumenta la retención de agua.	Aporta N, P, K y micronutrientes; esenciales para el crecimiento de las plantas.	Modifica la actividad enzimática.
Regula la temperatura del suelo.		Favorece la respiración radical.
Reduce la erosión.		
Reduce la evaporación.		

Fuente: Peña et al., (2002).

2.3.7. Importancia de los microorganismos en la descomposición de la materia orgánica

Los microorganismos presentes en la materia orgánica (estiércol y aserrines) restablece o recupera el equilibrio microbiológico del suelo, logrando mejoras en sus condiciones fisicoquímicas, reducción de la contaminación del suelo y por lo tanto biodisponibilidad de nutrientes aptos para la producción de cultivos (Buendía, 2012).

Las enmiendas de estiércol y aserrín pueden aumentar la disponibilidad y adsorción de fósforo (P) en suelos afectados por sales actuando directamente como fuente de P e indirectamente a mejorar las condiciones de medio de crecimiento (especialmente carbono orgánico del suelo) o el aumento de abundancia relativa y distribución de bacterias solubilizadoras de fosfato tales como: *Thiobacillus*, *Pseudomonas* y *Flavobacterium* en suelos (Saifullah et al, 2018); Estas bacterias son grupos de microorganismos independientes y autosuficientes capaces de sintetizar sustancias útiles a partir de las secreciones usan la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía (Buendía, 2012). A continuación, se ilustra, el proceso de descomposición de materia orgánica

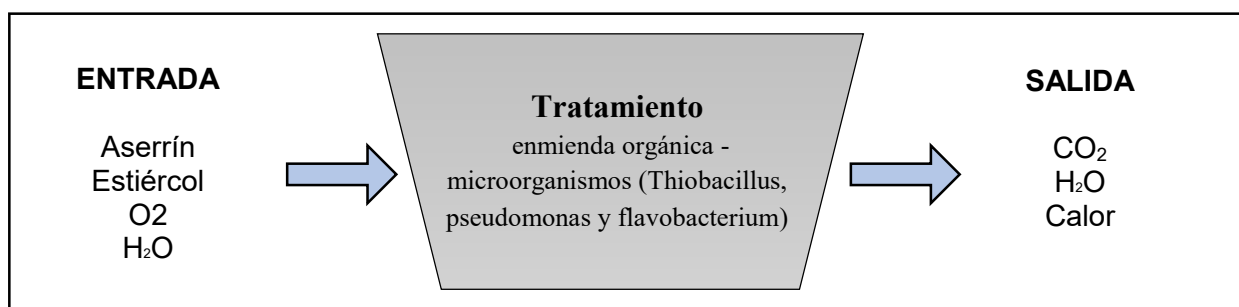


Figura 8. Proceso de descomposición de materia orgánica por microorganismos (Buendía, 2012).

2.3.8. Mecanismos de efecto de la enmienda orgánica en suelos afectados por salinización

2.3.8.1. Posibles mecanismos de efecto de la enmienda orgánica sobre propiedades físicas y biológicas de suelos afectados por salinidad

Las enmiendas orgánicas como el compost, estiércol de aves de corral, granja estiércol, etc., han demostrado resultados alentadores en términos mejora de las condiciones físicas y biológicas en suelos afectados por sales (Saifullah et al, 2018 y otros).

Los efectos de la enmienda orgánica en las propiedades físicas y biológicas se resumen en figura 9. La enmienda orgánica siendo un material altamente poroso, su incorporación al suelo mejora la porosidad, aumenta la capacidad de retención de agua y la densidad aparente de los suelos afectados salinización, sin embargo, los efectos dependerán principalmente de la naturaleza de los materiales, descomposición de materia orgánica, la cantidad de carbono y nitrógeno y, el tiempo de interacción con el suelo (Saifullah et al, 2018 y otros). Asimismo, agregan que la adición enmienda orgánica disminuyó considerablemente dispersión de arcilla, aumentó de la tasa de filtración, en consecuencia, las moléculas orgánicas coadyuvan mediante los cationes polivalentes se unen las partículas de arcilla para mejorar la agregación en suelos afectados por salinización.

Además, Saifullah et al, (2018) indica que la enmienda orgánica puede mejorar el crecimiento y desarrollo de los microorganismos del suelo en suelos afectados por sales; a causa de la formación de agregados por la retención de agua, liberación de nutrientes y mejora de la conductividad hidráulica; agregado a esto por la disminución de salinidad, rica fuente de carbono y nitrógeno para el incremento de la población y actividad microbiana.

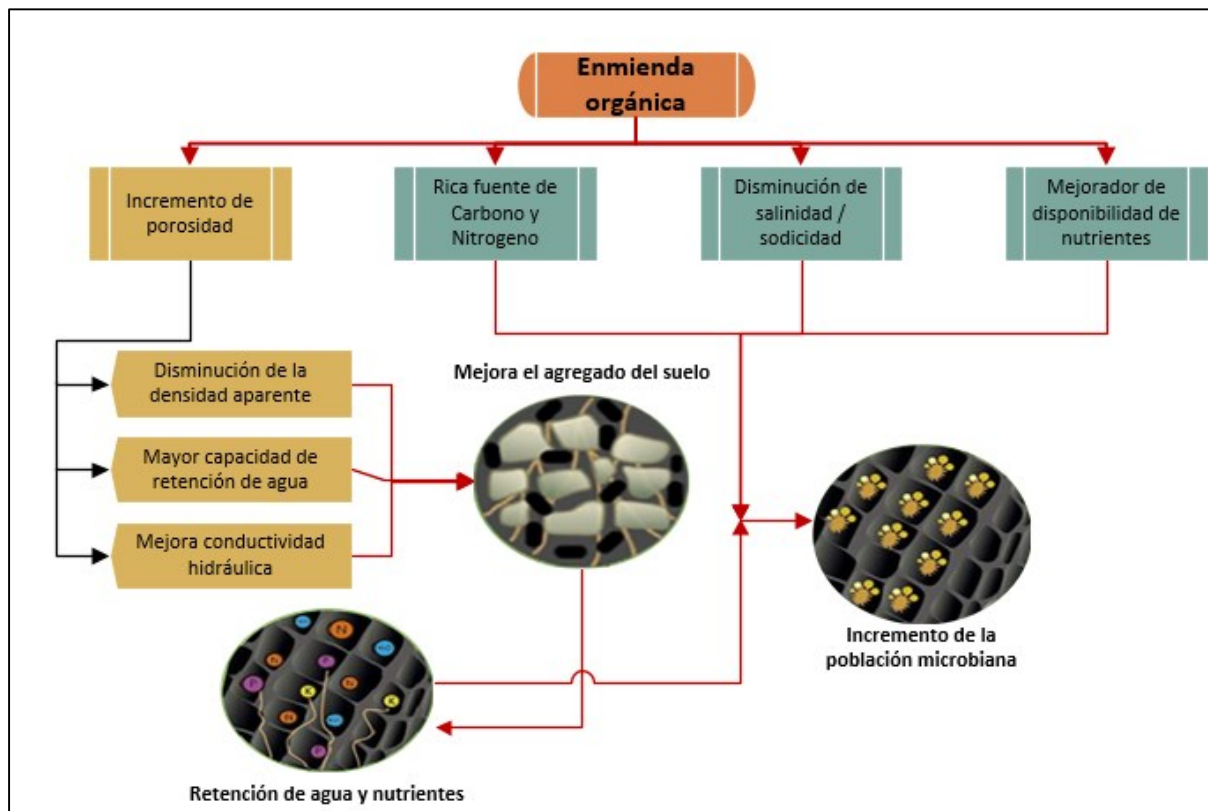


Figura 9. Posibles mecanismos de efecto de la enmienda orgánica sobre propiedades físicas y biológicas de suelos afectados por salinidad (Saifullah et al, 2018).

2.3.8.2. Posibles mecanismos de efecto de la enmienda orgánica sobre propiedades químicas de suelos afectados por salinización

Las principales propiedades químicas del suelo que podrían ser impactados por la cantidad y tipo de sales son el pH, la conductividad eléctrica (CE) y Porcentaje de sodio intercambiable (PSI), en suelos salinos se pueden reducir a través de la lixiviación (figura 10).

El suelo salino se puede disminuir mediante la adición de enmiendas orgánicas para reemplazar Na de los sitios de intercambio, seguido de riego pesado para mover Na, logrando lixiviación de sales debido principalmente al hidrólisis de Na intercambiable o Na_2CO_3 , y la relación directa entre PSI y pH (Saifullah et al, 2018). Asimismo, añade que las enmiendas orgánicas y el compost tienen efectos en acelerar la lixiviación de sales solubles, la reducción de la CE atribuido por la mejora en la porosidad del suelo y la conductividad hidráulica, también disminución notable en el pH de la superficie y horizontes de subsuelo, a causa de liberación de iones (H^+) en el complejo de intercambio por Ca^{2+} o Mg^{2+} por la enmienda orgánica, otra posible explicación para la disminución del pH es la absorción de K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} por las raíces de plantas en el caso hubiera y adicción de enmienda orgánica. Además, Saifullah et al, (2018) menciona que la enmienda orgánica prolifera microorganismos acidificantes la cual permite disminuir pH del suelo, debido a un aumento o aporte de nutrientes, a pesar de que enmienda orgánica contiene carbonatos y cationes básicos solubles pueden formar en algunos suelos, la restricción de la hidrolización de los carbonatos y disminuyendo el contenido de hidroxilos.

Por ultimo Saifullah et al, (2018) indica que la enmienda orgánica puede disminuir PSI directamente proporcionando Ca intercambiable para reemplazar Na en los coloides del suelo, también pueden aumentar la densidad de carga superficial (debido a carbono orgánico), la presión parcial de CO_2 en la rizosfera para movilizar Ca de suelos calcáreos para la sustitución de Na. Incluso, agrega que plantas halófilas más enmienda orgánica disminuye la evapotranspiración y el movimiento del agua en la superficie, puesto que aumenta la materia orgánica, la liberación de compuestos orgánicos para mejorar la agregación y el crecimiento microbiano, creando canales de agua en los suelos para aumentar el movimiento del agua y la lixiviación de sales, por lo tanto, resulta en la reducción de concentración de la CE en el suelo.

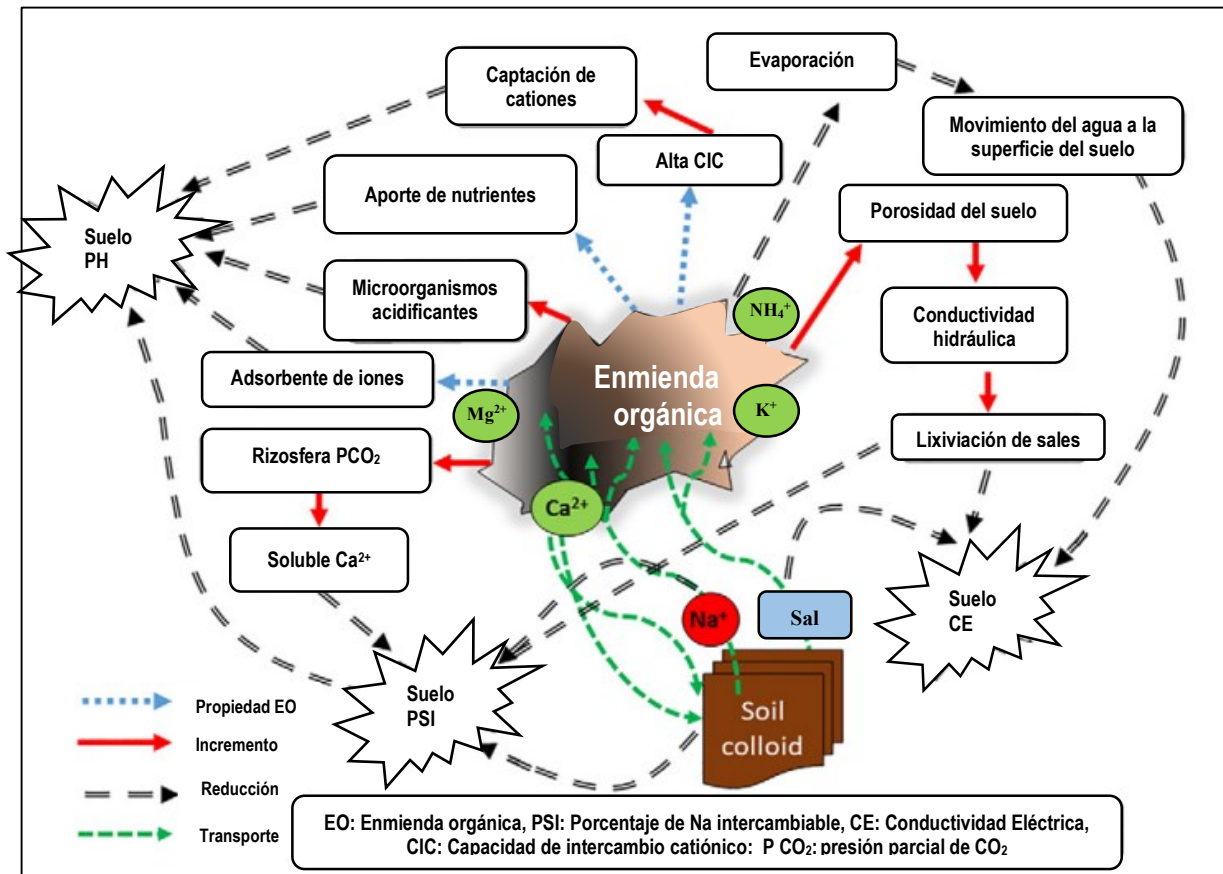


Figura 10. Posibles mecanismos de efecto de la enmienda orgánica sobre propiedades químicas de suelos afectados por salinidad (Saifullah et al, 2018).

2.3.8.3. Capacidad de intercambio de catiónico

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad que tiene una solución de suelo para retener y liberar iones (carga⁺), gracias a su contenido en arcillas y materia orgánica en el llamado complejo de intercambio; los cationes adsorbidos se encuentran en intercambio continuo y rápido con los cationes libres de la solución del suelo (Corcuera, 2016).

Las reacciones de intercambio iónico en suelo constituyen un factor importante en la disponibilidad de los nutrientes para las plantas. Además, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es considerada de mayor relevancia que la capacidad de intercambio aniónico (CIA), debido a que en suelos dedicados a la agricultura es mucho mayor que el intercambio aniónico (Corcuera, 2016)

El complejo de intercambio de arcillas (materia orgánica) tiene cargas negativas tal como se muestra en la figura 11; donde tiene la capacidad de absorber cationes calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), amonio (NH_4^+) y Sodio (Na^+); los primeros cuatro son nutrientes y tienen influencia directa en el crecimiento de las plantas; mientras los aniones como el cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3^-) son móviles en solución del suelo y son lixiviados por la influencia del riego de agua (Hang, 2013).

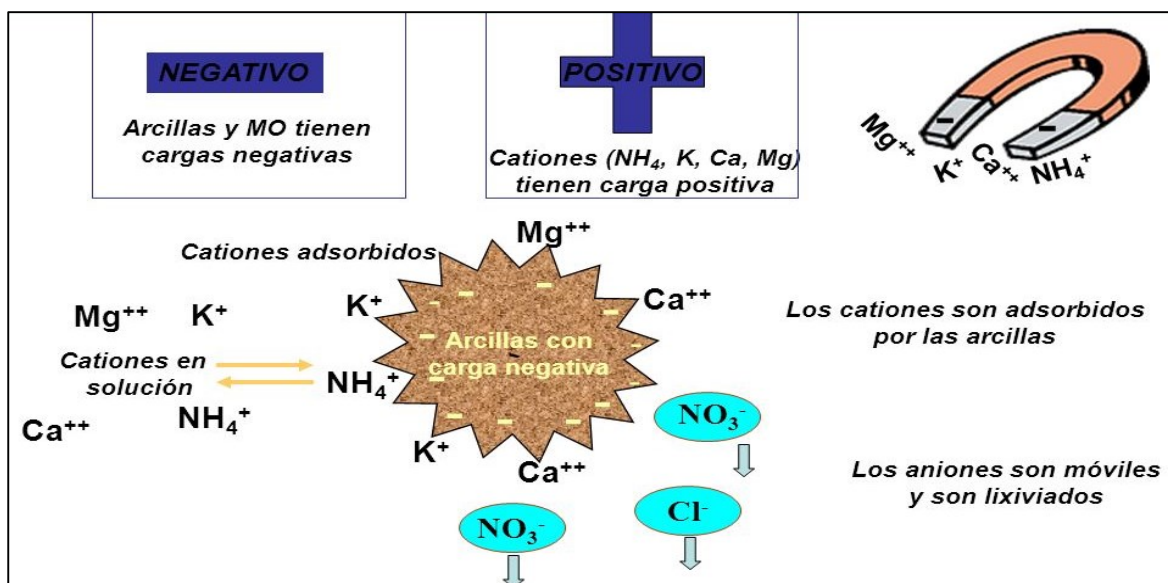


Figura 11. Mecanismo de adsorción de cationes y lixiviación de aniones (Hang, 2013).

2.3.9. Indicadores de salinización y/o biorrecuperación de suelos salinos

a. Potencial de Hidrógeno (pH)

Determina el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo, determinando si es alcalino o ácido. Es el principal indicador de la disponibilidad de nutrientes para las plantas., influye en la movilidad, solubilidad y disponibilidad de contaminantes inorgánicos en el suelo. Para los cultivos agrícolas el valor del pH óptimo debe encontrarse en 6.5 (FAO, 2016). Asimismo, Fox (2013) agrega que es la medida de acidez o alcalinidad, es decir, si hay mayor concentración de iones H^+ solución acida, pero si hay más iones OH^- solución alcalina y si las concentraciones son iguales es neutra. A continuación, se ilustra en la tabla los valores promedios de pH y su clasificación.

Tabla 11. Clasificación de pH con valores promedios

pH, relación suelo, agua 1:2.5	
Clasificación del suelo	Valor de pH
Fuertemente ácido	<5.0
Moderadamente ácido	5.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Medianamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	>8.5

Fuente: Fox (2013); López & Zamora (2016)

b. Conductividad Eléctrica (CE)

Es un indicador directo de salinidad del suelo, ya que la medida es estimar la concentración de sales., es decir, la concentración de iones en una solución, conduce la electricidad. Las mediciones se presentan en unidades del SI métricas de deciSiemens por metro (dS/m) a una temperatura de 25°C (Hanco, 2017).

Fox (2013) define como la propiedad natural característica de cada cuerpo que presenta la disposición que pueden pasar los electrones por el mismo, esto varia con la temperatura.

Tabla 12. Clasificación de suelos de acuerdo a la salinización

Conductividad eléctrica (CE), relación suelo, agua 1:2.5		
Clasificación del suelo	Valor de CE (dS/m)	Características
Normal	2.0	Ningún cultivo es afectado
Ligeramente salino	2.1 – 4.0	Afectado cultivos ligeramente tolerantes
Salino	4.1 – 8.0	Afectados cultivos moderadamente tolerantes
Fuertemente salino	8.1 – 16.0	Posible sólo cultivos tolerantes
Extremadamente Salino	>16.0	Pocos cultivos son posibles

Fuente: FAO (1999) adaptado por Fox (2013).

c. Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)

Indica el efecto adverso sobre el crecimiento de plantas y estructura del suelo., mide el nivel de Na^+ adsorbido en el suelo en los lugares de intercambio catiónico. Se considera un suelo salino si el PSI se encuentra en el rango de 0- 15%. (Hanco, 2017). Por su parte, Ramírez (2016) menciona que es la evaluación de la cantidad de sodio adsorbido por parte de las partículas del suelo, respecto de los demás cationes asimilables o intercambiables (Na^+ , k^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) o CIC, dando resultado el PSI, la cual se calcula según la ecuación 1.

Tabla 13. Clasificación de suelos según Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

Clasificación del suelo	Valor de PSI (%)
Ligeramente sódico	7-15
Moderadamente sódico	15-20
Fuertemente sódico	20-30
Extremadamente sódico	>30

Fuente: Ramírez (2016).

d. Materia Orgánica

La materia orgánica es la acumulación de todos los residuos vegetales y animales, así como de las células microbiales depositadas en el suelo y que se encuentran en proceso de descomposición, siendo esto importante como fuente de la energía requerida para la actividad y el metabolismo de los microorganismos del suelo y como sustrato para el suministro de algunos nutrientes esenciales para las plantas (López & Zamora, 2016).

Asimismo, López & Zamora (2016) indica que la materia orgánica del suelo (MOS) es un parámetro determinado por controles bióticos, como la abundancia producción y tipos de especies de plantas y de la producción microbial y por controles ambientales, tales como la temperatura, contenido de agua y la textura del suelo, la dinámica y preservación de la MOS es decisiva porque mejora la estructura y porosidad del suelo su fertilidad y, por ende, la

producción de los cultivos. Además, actualmente la materia orgánica tiene un rol de gran importancia en la fertilidad de los suelos, otorgada por sus propiedades químicas, físicas y biológicas, lo cual la convierte en un vital aporte para el sistema edáfico.

Tabla 14. Clasificación de materia orgánica (MO)

Materia orgánica (%) por el método Walkley-Black	
Clasificación del suelo	Valor de MO (%)
Muy bajo	<0.9
Bajo	1.0-1.9
Normal	2.0-2.5
Alto	2.6-3.5
Muy alto	>3.6

Fuente: López & Zamora (2016).

e. Carbono orgánico del suelo (COS)

Mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la capacidad de Intercambio Catiónico, la retención de humedad y contribuye con estabilidad de suelos arcillosos al ayudar a aglutinar las partículas para formar agregados. La MOS está compuesta en mayoría de carbono, tiene una capacidad de retener una gran proporción de nutrientes, cationes y oligoelementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Gracias a la MOS la lixiviación de nutrientes se inhibe y es integral a los ácidos orgánicos que disponibilizan los minerales para las plantas y regulador del pH del suelo. Se reconoce globalmente que el tenor de carbono orgánico en el suelo sea un factor fundamental para la salud del suelo, forma parte fundamental del Ciclo de Carbono y tiene gran importancia en la mitigación a los efectos del cambio climático (FAO, 2016).

Tabla 15. Clasificación de Carbono orgánico del suelo (COS)

Materia orgánica (%) por el método Walkley-Black	
Clasificación del suelo	Valor de COS (%)
Muy bajo	<1.2
Bajo	1.2-2.9
Normal	2.9-4.6
Alto	4.6-8.7
Muy alto	>8.7

Fuente: Vásquez (2018).

f. Biomasa Microbiana

La biomasa microbiana es la fracción de materia orgánica del suelo, constituida por células microbianas vivas o muertas. Esto representa la fracción lábil en promedio del 1 a 3 % del carbono orgánico total del suelo, la cual es capaz de acumular grandes cantidades de nutrientes esenciales en cortos plazos. La cantidad de biomasa microbiana del suelo y los cambios estacionales sufridos por ella, van a estar influidos por la cantidad de materia orgánica del suelo, por factores climáticos, uso de la tierra y por las características físico-químicas del suelo. Lo que la convierte en un indicador altamente sensible de los cambios sucedidos en el suelo, siendo por ello utilizada para predecir cambios en la materia orgánica y estimar cantidades de nutrientes disponibles por ende la fertilidad de suelos (Iglesias, 2008; Alzate & Campiño, 2014)

Además, Alzate & Campiño (2014) indica que, a pesar de la pequeña parte que representa la materia orgánica, las bacterias representan entre el 25 y 30% de la biomasa microbiana del suelo comportándose como los organismos más numerosos del suelo, mientras que los hongos, dado a su mayor tamaño muestran menor abundancia.

g. Respiración Microbiana

Según Alzate & Campiño (2014) indica que es la respiración celular donde ocurre una serie de reacciones mediante las cuales la célula degrada moléculas orgánicas y produce energía. Todas las células vivas llevan a cabo la respiración y de esta manera se obtiene la energía necesaria para sus funciones. La respiración es uno de los parámetros para cuantificar la actividad microbiana; esta representa la oxidación de la materia orgánica hasta la formación del CO₂ por organismos aeróbicos del suelo, los cuales utilizan O₂ como aceptador final de electrones, hasta el CO₂.

Para Paredes (2016) menciona que la respiración implica una serie de procesos metabólicos para transformar moléculas orgánicas que liberan energía, agua y CO₂ dentro de las células. De esta forma casi todos los organismos usan vías similares para la obtención de energía. El CO₂ es un producto del metabolismo, por el cual los seres vivos obtienen energía para su crecimiento, reproducción y supervivencia. Bajo condiciones aerobias la respiración genera energía a partir de la oxidación de azúcares, principalmente glucosa u otros carbohidratos. La reacción química completa se describe como:



Esta reacción explica que a partir de la oxidación de una molécula de glucosa se producen seis moléculas de dióxido de carbono y seis de agua. El conjunto de procesos de la respiración aerobia se lleva a cabo desde el glucólisis (la cual es otra fuente de CO₂), el ciclo de las pentosas fosfato, ciclo de Krebs y la cadena transportadora de electrones. En este sentido, la respiración del suelo se refiere a los procesos metabólicos que los organismos vivos del suelo llevan a cabo y por tanto se consume O₂ y se genera CO₂ (Paredes, 2016).

2.3.9. Marco legal

Los entes competentes del estado peruano, han aprobado normas relacionadas con el medio ambiente, con el objeto desarrollar una cultura ambiental sostenible y con equilibrio en las actividades económicas que se ejecutan en el país. Para este estudio se tomaron en cuenta las siguientes normativas.

a) Constitución Política del Perú (1993)

En el capítulo I artículo 2; inciso 22 – “Derechos Fundamentales de la persona” indica que “Toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida”. Así mismo, en el artículo 66 y 67 menciona respecto a la relación entre la persona y el medio ambiente.

Artículo 66: Recursos Naturales - “Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal”.

Artículo 67: Política ambiental - “El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales”.

b) La Ley General del Ambiente, Ley N° 28611

En el Artículo I.- Del derecho y deber fundamental “Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país”.

c) Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, DL N° 1278

Artículo 2: Esta ley tiene como segunda finalidad respecto a los residuos generados, “que debe dar preferencia a la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente”.

Artículo 5; Enciso b, Valorización de residuos – “Los residuos sólidos generados en las actividades productivas y de consumo constituyen un potencial recurso económico, por lo tanto, se priorizará su valorización, considerando su utilidad en actividades de: reciclaje de sustancias inorgánicas y metales, generación de energía, producción de compost, fertilizantes u otras transformaciones biológicas, recuperación de componentes, tratamiento o recuperación de suelos, entre otras opciones que eviten su disposición final”.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación

El presente estudio se ejecutó en la parte superior de la ladera del establo Agropecuaria Villa Asís, ubicado a la altura del km.16.5 de la carretera central, perteneciente a la comunidad autogestionaria de Huaycán, distrito de Ate Vitarte, provincia de Lima, departamento Lima. Geográficamente está situado entre las coordenadas 12°00.145' latitud sur; 76°49.679' longitud oeste y con una altitud de 610 m.s.n.m aproximadamente; dicho estudio se llevó a cabo en los meses de septiembre a noviembre del año 2018. Mientras, la preparación de mezcla de la enmienda orgánica (estiércol de vaca, aserrín de madera y tierra chacra), se llevó a cabo dentro de un vivero “Casero” cercano al estudio, con coordenadas latitud sur 12°00.344', longitud oeste 76°50.475', debido a que cuenta con las condiciones necesarias para la preparación de las respectivas enmiendas (ver figura 12).

El área de estudio se ubica en la parte central y oriental sobre el margen izquierdo de valle del río Rímac con dirección a la ladera del Cerro el Angel de la comunidad autogestionaria de Huaycán con límites:

Por el norte: Distrito de Lurigancho

Por el sur: Distrito de Cieneguilla,

Por el este: Distrito de Chaclacayo

Por el oeste: Distrito de Ate Vitarte y Santa Anita.

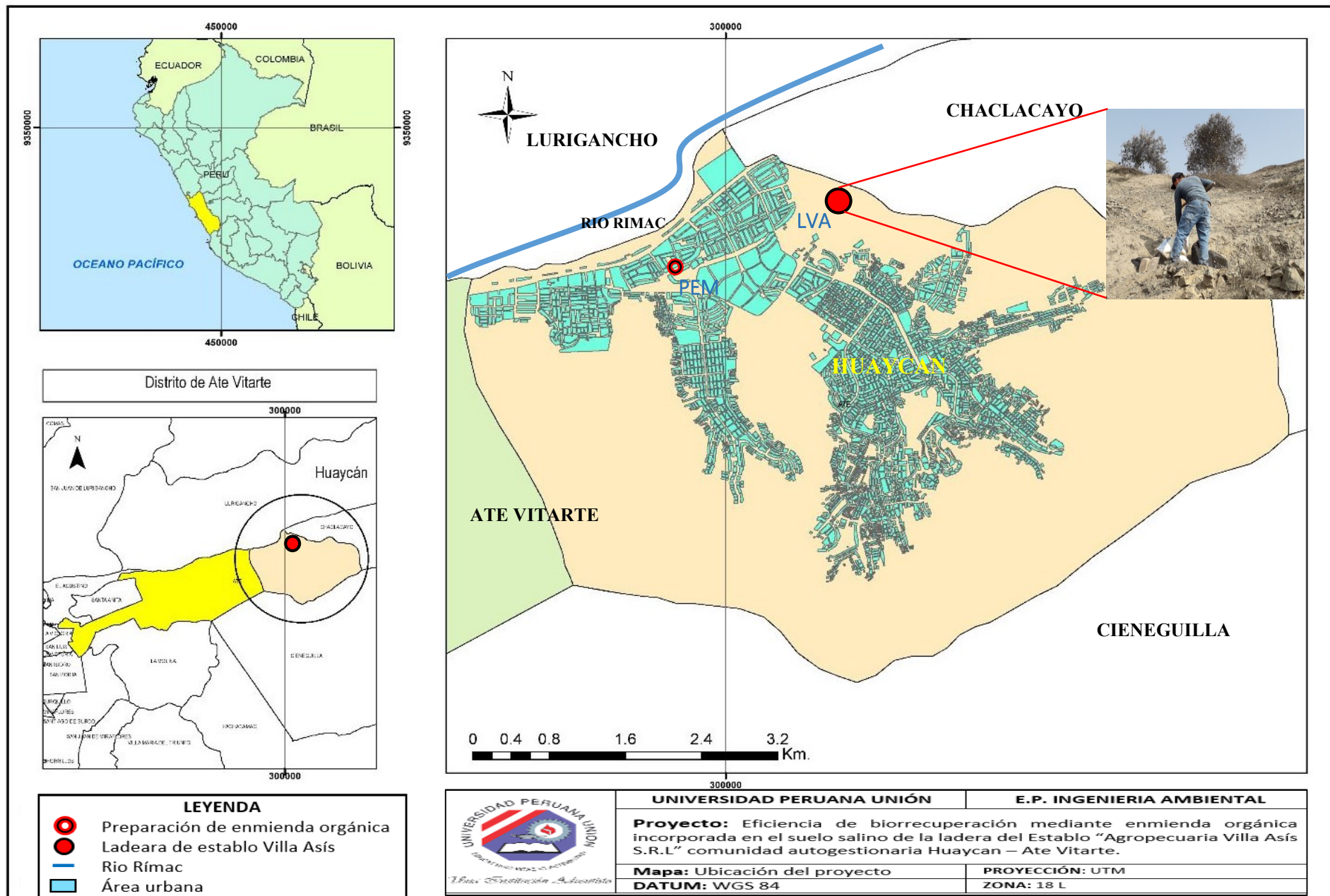


Figura 12. Ubicación geográfica del área de estudio

3.1.2. Características ambientales del entorno

a. Fisiografía

De acuerdo al reporte de Plan Metropolitano de Desarrollo Urbano y Callao 2035 a través la municipalidad de Lima, indica que el área de estudio está en una zona de laderas, cuyas pendientes oscilan entre los 20% a 50%.

b. Clima

En general, la costa peruana presenta un clima que puede ser clasificado como subtropical desértico, con una temperatura que varía entre 15 y 30 °C (Ramírez, 2016). En el caso del distrito de Chaclacayo el cual colinda con el área de estudio, donde el clima es desértico y árido cálido; la temperatura promedio anual es de 18.4 °C. Además, el mes más cálido es febrero, con una temperatura promedio de 22.4 °C, y el mes más frío es julio con 15.4°C (ver figura 13).

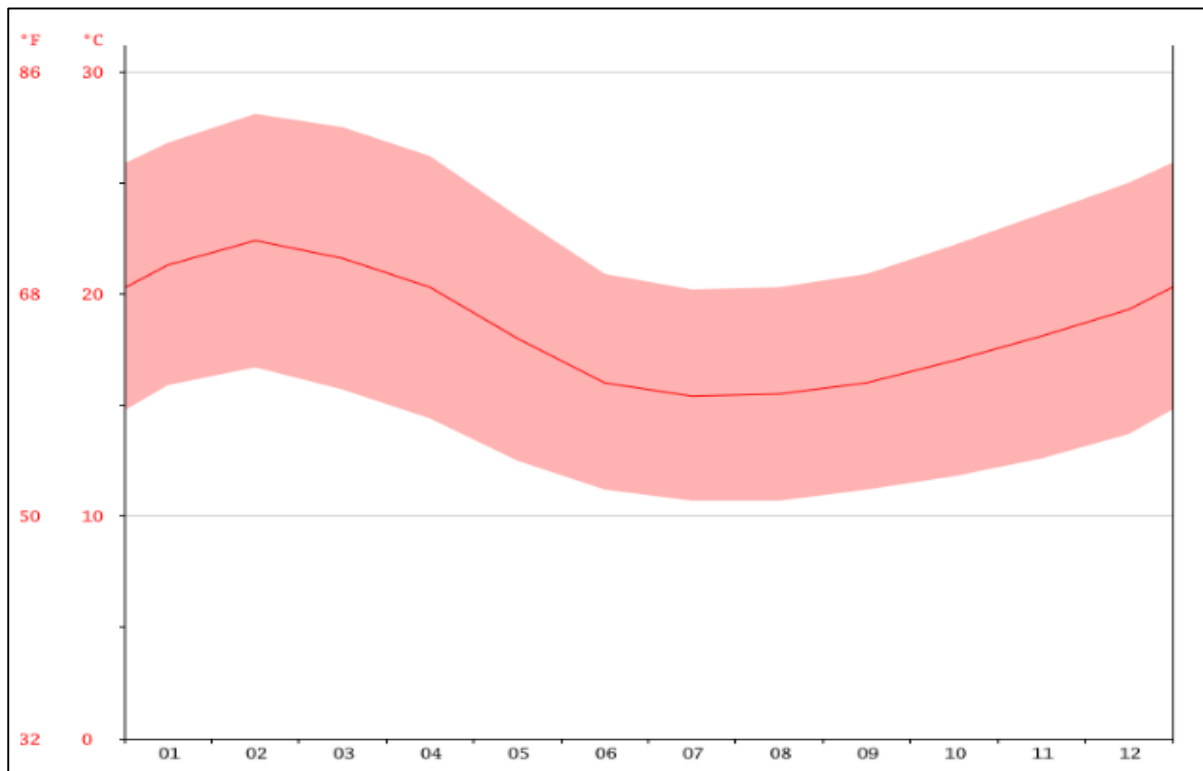


Figura 13. Variación típica anual de temperatura del distrito de Chaclacayo - modelo Köppen

Fuente: Portal Climate-Date, 2016

c. Precipitación

La precipitación en el distrito de Chaclacayo el cual colinda con el área de estudio es prácticamente nula. La precipitación fluctúa entre 0 y 9 mm, siendo los meses de setiembre a noviembre 0 a 3 mm, mientras que marzo es el mes de mayor precipitación, con un promedio mensual de 9 mm (ver figura 14).

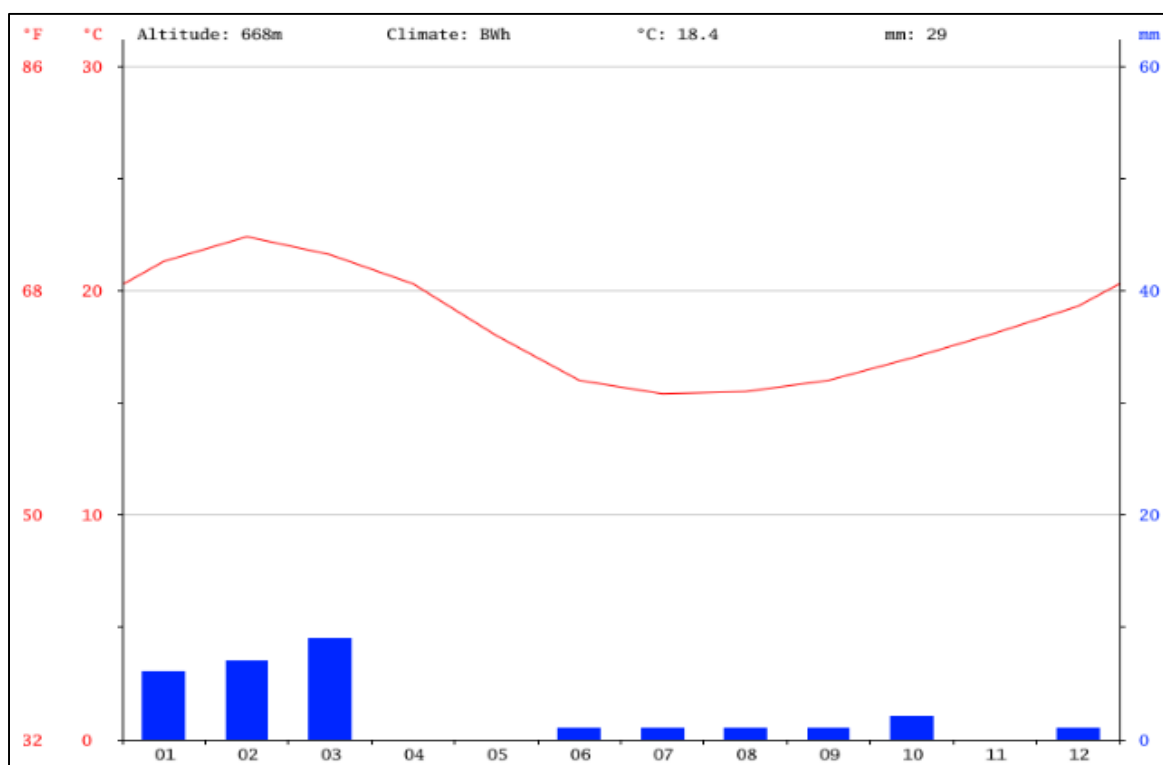


Figura 14. Variación típica anual de precipitación del distrito de Chiclayo- Modelo Köppen
Fuente: Portal Climate-Date, 2016.

d. Humedad relativa

La humedad relativa fluctúa entre el 80 y 85 por ciento durante los meses de invierno, especialmente en julio, ya que en esta época del año se presentan las temperaturas bajas, por ende, hay menor capacidad retención de humedad (Ramírez, 2016). Mientras para el estudio en los meses de setiembre hasta noviembre del 2018 fluctuó entre 71 a 65 % de humedad de acuerdo a la aplicación The Wather Channel Versión 1.5.77.38.

e. Vientos

En esta parte del litoral presenta una dominancia de vientos que proviene del Suroeste, cuyas velocidades por las mañanas suelen ser suaves, fuertes al mediodía y ligeros por la noche; por lo tanto, las mediciones que se realizaron en campo en los meses de estudio con el equipo Anemómetro digital marca BENETECH GM8908 arrojaron valores entre 0.8 m/s y 2.40 m/s de velocidad de viento.

f. Suelos

Las laderas de Huaycán se caracterizan mediante clasificación textural del suelo, la cual fue tipo arenoso en la parte superficial (MINAM, 2016).

3.2. Equipos, Materiales e Insumos

A continuación, en la tabla 16 se describe la lista de materiales, reactivos, equipos, herramientas y EPP's para las actividades de campo y gabinete separado por cada etapa del presente trabajo de investigación.

Tabla 16. *Materiales y equipos por etapa del presente trabajo de investigación*

Etapa 1. Delimitación del área de estudio, muestreo y análisis inicial del suelo		
Materiales	Equipos y herramientas	EPP's
Cinta adhesiva	GPS digital	Zapatos de seguridad
Malla	Balanza digital	Casco de seguridad
Bolsas ziploc	Pico/ Barreno	Guantes de seguridad
Balde	Pala	Guardapolvo
Sacos-polipropileno	Whincha métrica	
Rotulador / Marcador	Cooler	
Camara fotográfica		
Etapa 2. Construcción de maceteros y recolección, preparación e incorporación de EMO		
Materiales	Equipos y herramientas	Enmiendas y EPP's
Balde	Balanza digital	Estiércol seco de vaca
Caja de plástico de fruta	Pala	Tierra Chacra
Precintos de seguridad	Rastrillo	Aserrín de madera
Sacos -polipropileno	Cierra manual	Zapato de seguridad
Bolsas de polietileno	Whincha métrica	Guantes de seguridad
Letreros de identificación	Tijera	Gorro Jockey
Plástico negro	Cooler	
Etapa 3. Muestreo y análisis finales de los parámetros químicos y biológicos		
Materiales y reactivos	Equipos y herramientas	EPP's
Bolsas Ziploc	Potenciómetro	Zapatos de seguridad
Vasos precipitados	Conductímetro	Guantes quirúrgicos
Agua destilada	Termómetro	Guardapolvo
Bureta, Espátula	Espectrofotómetro	Gorro Jockey
Probeta, Pipeta	Incubadora	
Matraz Erlenmeyer u otros	Hidrómetro bouyoucos	
Alcohol amílico	Fotometría de llama	
Agua destilada	Anemómetro digital	
Acetato de amonio	Cámara fotográfica	
Dicromato de potasio	Cooler	
Agente dispersante	Picota	
Sulfato ferroso amoniacal	Tijera	
Ácido sulfuroso	Impresora	
Bicarbonato de sodio		
Cloroformo u otros		
Etapa 4. Análisis y evaluación estadística		
Materiales	Equipos	Software
Informe de resultados	Laptop Lenovo	Statistica –versión 10
Lapicero	Impresora	Microsoft Excel 2016
Libreta notas		

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.3. Metodología Experimental

Por medio del siguiente diagrama (ver figura 15), se muestra que el procedimiento de investigación describe en etapas y sub-etapas sobre la biorrecuperación mediante la incorporación de la enmienda orgánica en suelo salino de la ladera Agropecuaria Villa Asis.

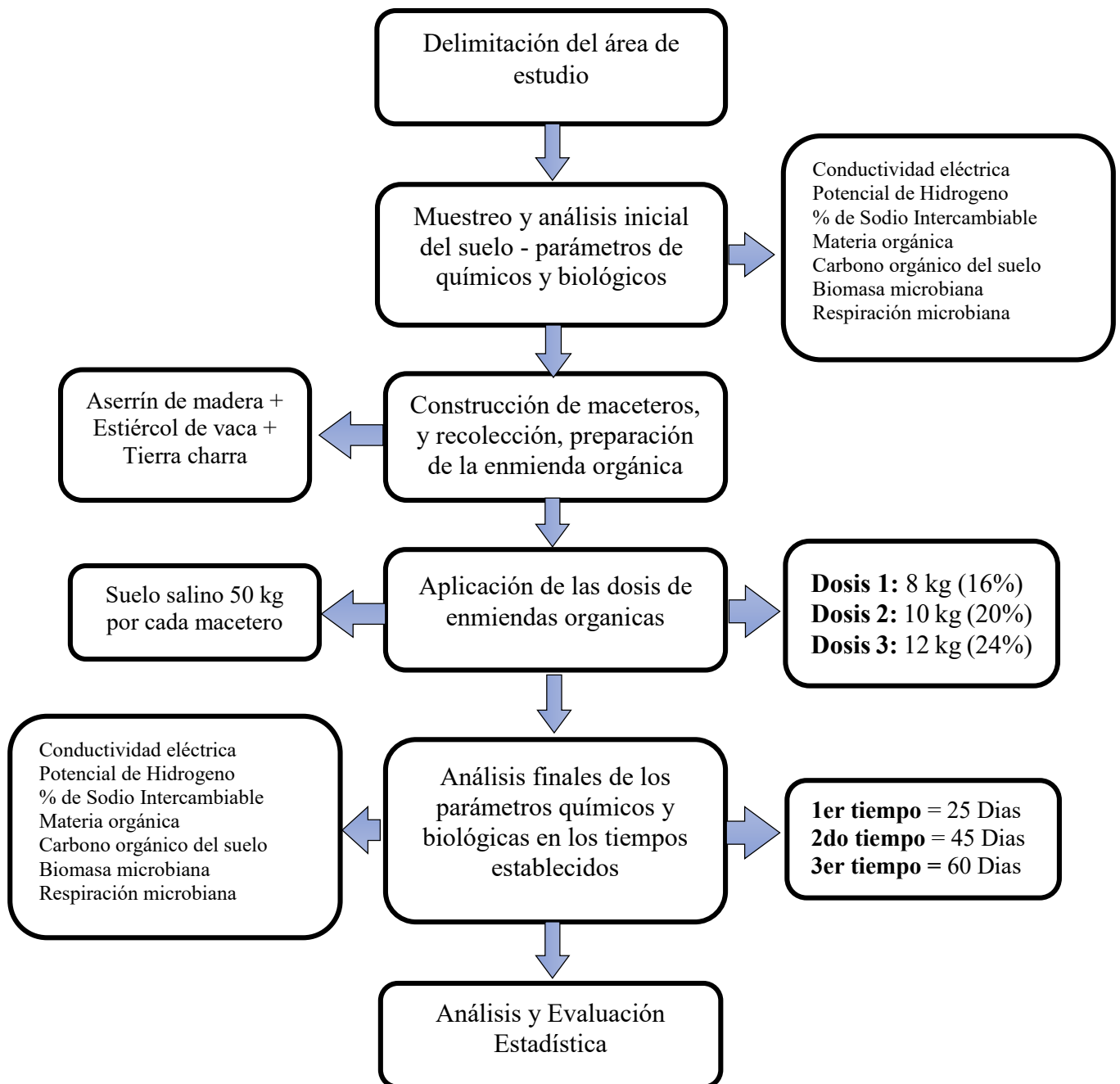


Figura 15. Proceso del trabajo de investigación

3.3.1. Delimitación del área de estudio, muestro y análisis pre del suelo (Etapa 1)

A. Delimitación del área de estudio

En primera instancia se realizó el permiso del área de estudio, esta actividad comenzó con la previa gestión de autorización expuesto al encargado de administración del estable quién firmó la “Acta de solicitud de permiso” en virtud de aprobación para la ejecución del proyecto (ver Anexo 01), este documento fue emitido por la secretaría de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión -UPeU.

Una vez aceptada la autorización, se visitó y realizó el reconocimiento de la (ladera), para la delimitación del área de estudio ubicado en la parte superior del Estable “Agropecuaria Villa Asís S.R.L” (Ver figura 12). De esta área se escogieron 05 puntos en zigzag para el muestreo inicial del suelo, sus coordenadas se describen (ver anexo 03).

B. Muestreo del suelo

En cuanto a los puntos de muestreo del área de estudio, se siguieron las especificaciones técnicas de la Guía para evaluación de calidad y salud del suelo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA), recomendaciones de la Guía Técnica para muestreo de suelos (Mendoza & Espinoza, 2017) y las ilustraciones de la Guía de muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014).

Para el muestro se procedió con la técnica zigzag en el área delimitada, se determinó 05 puntos, de los cuales se mezcló para sacar 01 muestra compuesta para el análisis inicial del suelo. La excavación para el muestreo se realizó en forma cuadrícula, ya que, Corrales & Espinoza (2017), recomienda que para pequeñas parcelas de hortalizas y suelos homogéneos deben ser de forma cuadrícula, asimismo, sugiere como mínimo tres puntos de muestreo por tipo de suelo o manejo y a profundidades predeterminadas.

En relación a la extracción de suelo, se realizó por cada punto de muestreo una excavación de 30 cm de profundidad y en una superficie de 0.50 m², en efecto MINAM (2014), indica que la profundidad de muestreo para uso de suelo agrícola es de 30 cm., de la misma manera Corrales & Espinoza (2017) confirma para cultivos perennes y árboles en suelos superficiales en forma de laderas.

C. Análisis inicial del suelo

Una vez extraído el suelo de los 05 puntos, se empezó a cernir el suelo con una malla con el objeto de disminuir tamaño de partículas, luego se mezcló en una sola muestra compuesta, seguido se pesó 0.5 kg para los análisis biológicos, 01 kg para los análisis químicos y de caracterización, los cuales fueron llevados en cada bolsa ziploc, dichas bolsas fueron rotulados con los datos solicitados por el laboratorio (lugar, fecha, código de lote, característica del área de estudio y coordenadas de los puntos de muestreo). Posteriormente fue llevado al laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) –Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNAM) para el análisis y caracterización respectiva del suelo.

A medida referencial, los indicadores químicos y biológicos de calidad del suelo para este presente estudio se describen en la tabla 17, unidades de medida, valores máximos y mínimos definidos por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), Organización de las Naciones para la Alimentación (FAO) y otros.

Tabla 17. Parámetros químicos y biológicos indicadores de calidad del suelo.

Indicadores de calidad	Unidad de medida	Valores de referencia	Referencia
pH	-	6.5 a 7.5	USDA (1954), adaptado por (Bandera,2004) & FAO (2016)
CE	dS/m	< 4.0	USDA (1954) adaptado por (Bandera,2004) & (FAO,2007)
PSI	%	< 15.0	USDA (1954) adaptado por (Bandera,2004) & (FAO,2007)
MO	%	>2.0	Lopez & Zamora (2016) & Bustinza, Carbo & Tito (2014)
COS	%	>1.2	Cantú Bedano & Schiavo (2007) & Vásquez (2018).
BM	mg C/g suelo seco	>0.233	Prager, et al., (2006)
RM	mg CO ₂ /g suelo seco	>0.063	Ochoa & Urroz (2010)

3.3.3. Construcción de maceteros y recolección, preparación e incorporación de la enmienda orgánica (Etapa 2)

A. Construcción de maceteros

En relación a la construcción de maceteros se realizaron los siguientes pasos que se mencionan a continuación:

- Se compró 08 cajas de plástico de frutas del mercado de Horacio Zevallos - Ate.
- Luego se cortó los intermedios de la caja con sierra manual para unir 2 cajas en 1 caja de macetero con dimensiones de 46cm ancho x 66 cm largo x 21 cm profundidad; cada caja contiendo plástico tipo geo-membrana en la parte inferior, con capacidad de almacenar 50 kg de suelo más cada dosis de enmienda orgánica.

B. Recolección de enmiendas orgánicas

Con respecto a la recolección de la enmienda orgánica se tomaron los siguientes pasos que se describen a continuación:

- Se compró un saco lleno de estiércol de vaca con capacidad de 49 kg, esta enmienda fue recogido en estado seco del establo “Agropecuaria Villa Asís” ubicado en la Av. Andrés Avelino Cáceres Cdra 5 – Huaycán, Ate Vitarte.
- De la misma manera, para el aserrín de madera se compró un saco lleno, esta enmienda fue obtenido de la empresa aserradora de madera “INVPSAC” ubicado en la Av. Pozo Mz “E” Lt 20, Carretera Central Km 16.5-Ate
- Con respecto a la tierra de chacra, se compró medio saco de tierra aproximadamente 25kg, esta enmienda se obtuvo de las excavaciones de zanjas para construcción de casas en la zona residencial la 3ra Etapa de Pariachi - Ate.

C. Preparación e incorporación de enmienda orgánica

Mientras para la preparación e incorporación de la enmienda orgánica se establecieron los siguientes pasos:

- Se determinó tres dosis de tratamiento (T1, T2, T3) y de control (T4); siendo en total 04 maceteros, con dimensiones de 46cm ancho x 66 cm largo x 21 cm profundidad, cada uno conteniendo plástico tipo geo-membrana con roturas en la base para filtración del agua de riego.
- Las dosis de enmienda orgánica se pesaron en una balanza digital, seguido fueron mezclados dichas porciones como se muestra en la tabla 18.
- En cada macetero se ingresó 50 kg de la muestra compuesta de suelo, seguidamente se agregó la dosis de tratamiento de acuerdo como se describe en la tabla 18.

- Con respecto a la frecuencia de riego fue cada 05 días entre las horas de 4 pm a 6 pm durante los 25, 45 y 60 días de tratamiento, con una capacidad de 02 litros por macetero.

Tabla 18. Descripción de mezclas, proporciones y dosis total de la enmienda orgánica

Suelo	Tratamiento	Descripción de mezclas de enmienda orgánica	Porciones de enmienda orgánica (p/p)	Dosis total
Suelo salino (50kg por macetero)	T1	Aserrín de madera (2kg)+ estiércol de vaca (2kg) + Tierra Chacra (4kg)	25% aserrín de madera + 25% estiércol de vaca + 50% tierra chacra	16 %
	T2	Aserrín de madera (2kg) + estiércol de vaca (4kg) + Tierra Chacra (4kg)	20% aserrín de madera + 40% estiércol de vaca + 40% tierra chacra	20%
	T3	Aserrín de madera (2kg)+ estiércol de vaca (6kg)+ Tierra Chacra (4kg)	17% aserrín de madera + 50% estiércol de vaca + 33% tierra chacra	24%
	T4	Suelo Salino - Testigo Control	Suelo salino 100%	0 %

3.3.4. Análisis finales de los parámetros químicos y biológicos (Etapa 3)

Posteriormente se realizó los análisis finales de los parámetros químicos y biológicos en cada dosis (tratamiento) incorporada en los maceteros de suelo salino de acuerdo a los tiempos establecidos (25, 45 y 60 días). Los maceteros utilizados para el tratamiento de biorrecuperación de suelo salinos en una parte de la ladera del establo de Villa Asís, en la figura 16 se observa las condiciones en fueron instaladas.



Figura 16. Maceteros utilizados para el tratamiento del suelo salino

Los métodos utilizados para los parámetros químicos y biológicos fueron ejecutados en el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF). A continuación, se describe los métodos que se emplearon en cada parámetro analizado:

- *pH del suelo*: Se analizó mediante el método electroquímico en suspensión del suelo, en una relación 1:1 (Bates, 1983). El equipo utilizado fue un pH-metro portátil del manual HANNA HI8424.
- *Conductividad eléctrica (dS/m)*: Se determinó usando el método de extracto de pasta de saturación en relación suelo: agua de 1:1 (Dellavalle, 1992). Utilizando el equipo Conductímetro portátil manual HANNA HI9835.
- *Cationes cambiabiles (Na⁺, k⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) (meq/100g)* = Se basó en la técnica de extracción con acetato de amonio (CH₃-COOH₄); pH 7:0 y posterior cuantificación de cationes por fotometría de llama y/o absorción atómica (Tomas,1982).
- *Porcentaje de sodio intercambiable (%)*: La determinación para este parámetro debe tener datos de Cationes asimilables o intercambiables (Na⁺, k⁺, Mg²⁺, Ca²⁺); la cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1: Determinación del porcentaje de sodio intercambiable

$$PSI = \frac{Na^{+} \text{ int}}{Na^{+} \text{ int} + Ca^{2+} \text{ int} + Mg^{2+} \text{ int} + K^{+} \text{ int}} * 100$$

Donde:

PSI= Porcentaje de sodio intercambiable

(Na⁺, k⁺, Mg²⁺, Ca²) = Cationes Intercambiables

- *Materia orgánica (%)*: Consiste en el método de volumétrica de una combustión húmeda (Walkley& Black, 1934). Seguidamente se realiza mezcla y la oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio.
- *Carbono Orgánico del suelo (%)*: Consiste en el mismo método, la cual el resultado de materia orgánica se utiliza la siguiente ecuación.

Ecuación 2: Cálculo de biomasa microbiana

$$MO = C. Org * 1.724$$

- *Biomasa microbiana (mg CO₂/g suelo seco)*: Se utilizó el método – extracción (wild,1992) adaptado por Neuza (1992) fumigación por cloroformo libre de etanol, al cabo de 03 días se extrae el carbono microbiano. La biomasa microbiana del suelo se calculó con la siguiente ecuación:

Ecuación 3: Cálculo de biomasa microbiana

$$BM = \frac{ugCF - ugCNF}{K} = \left[\frac{mgC}{gsuelo\ seco} \right]$$

Donde:

BM= Biomasa microbiana (mg C/gss)

ugCF= Microgramos de carbono en muestra fumigada

ugCNF= Microgramos de carbono en muestra no fumigada

K= Constante de Corrección (0.35)

- *Respiración microbiana (mg CO₂/g suelo seco/día)*: Para estimar la respiración microbiana (C-CO₂) se utilizó el método de fumigación con cloroformo para ello, se empleó una incubadora a 28°C hasta 05 días.

➤ **Índice eficiencia de biorrecuperación**

El índice de eficiencia de biorrecuperación del suelo salino mediante enmienda orgánica, está representado en términos porcentuales, siendo eficiencia de reducción y aumento por las concentraciones de los parámetros químicos y biológicos; esto se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 4: índice de eficiencia de biorecuperación

$$IEB = \frac{CI - CF}{CI} * 100\%$$

IEB=Índice de eficiencia de biorrecuperación

CI= Concentración inicial del parámetro

CF= Concentración final del parámetro

3.4. Variables de estudio

3.4.1. Variables independientes

Las características en las variables independientes son las que determinan, explican y condicionan el cambio en las variables dependientes, es decir, alteran aquellos componentes de las variables dependientes. Para esta investigación de estudio las variables independientes corresponden a dosis de enmienda orgánica y los tiempos de tratamiento.

3.4.2. Variables dependientes

Estas variables se caracterizan por los efectos causados por las variables independientes, la cual genera resultados de medición o descripción del problema de estudio. Las variables dependientes que están relacionados a la salinidad y biorrecuperación del suelo son:

- Potencial de hidrógeno (pH)
- Conductividad eléctrica (CE)
- Porcentaje de sodio Intercambiable (PSI)
- Materia orgánica (MO)

- Carbono orgánico del suelo (COS)
- Biomasa microbiana (BM)
- Respiración microbiana (RM).

3.5. Formulación de Hipótesis

- H1: Es eficiente la biorrecuperación mediante enmienda orgánica incorporada en el suelo salino de la ladera del estable “Agropecuaria Villa Asís”- Huaycán, Ate Vitarte.
- H2: La incorporación de enmienda orgánica tienen efecto positivo en los parámetros químicos del suelo salino perteneciente a la ladera del estable Agropecuaria Villa Asís - Huaycán, Ate Vitarte.
- H3: La incorporación de enmienda orgánica tiene efecto positivo en los parámetros biológicos del suelo salino perteneciente a la ladera del estable Agropecuaria Villa Asís - Huaycán, Ate Vitarte.
- Las dosis y tiempos de tratamiento al menos uno es diferente en la biorrecuperación del suelo salino de la ladera Villa Asís - Huaycán, Ate Vitarte.

3.6. Estudio y diseño de la investigación

3.6.1. Tipo y Diseño de la Investigación

Según Sampieri, Fernández & Baptista (2014) el diseño de investigación es un plan estratégico que planifica y desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación, del mismo modo, el diseño de investigación lo clasifican en; no experimental y experimentales, de los cuales, este último se divide en tres; los pre experimentos, cuasi experimentos y experimentos puros.

El presente estudio de investigación está orientado en una investigación cuantitativa a causa que la situación problemática es medible, siendo diseño pre experimental, dado que las variables dependientes del estudio no fueron manipuladas y la asignación de las variables independientes, la cual, requiere de varias actividades y análisis que muestren resultados para llegar al objetivo. Por otro lado, en la recolección de datos se basa en la medición de los parámetros químicos y biológicos, que se lleva a cabo por procedimientos estandarizados y referenciados.

3.7. Análisis Estadístico

Con los datos obtenidos fueron introducidos y analizados mediante software (Statistica) versión 10.0 y Microsoft Excel 2016, seguidamente se desarrollaron análisis de supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza para verificar distribución normal de datos, posteriormente se empleó análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de significancia de 0.10, para ver si hay diferencia en los tratamientos (dosis) y tiempos de tratamiento.

En el presente estudio se utilizó diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA), con 3 repeticiones (tiempo) por bloque, tal como se ilustra en la tabla 19.

Tabla 19. *Bloques y repeticiones de tratamiento*

Tratamiento	Suelo (kg)	Dosis kg (%)	Repeticiones (tiempo de tratamientos)		
			25 días	45 Días	60 días
T1	50	8 kg (16%)	PQB	PQB	PQB
T2	50	10 kg (20%)	PQB	PQB	PQB
T3	50	12 kg (24%)	PQB	PQB	PQB
T4	50	Testigo (0%)	-	-	-

PQB (parámetros químicos y biológicos).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización física del suelo.

Los resultados que se presentan a continuación en la tabla 20, son valores promedios de análisis mecánico del suelo evaluado previo a la incorporación de las dosis de enmienda orgánica, la cual se muestran valores de fracción en arena, limo, arcilla y su respectiva clasificación textural de suelo; la cual predomina la fracción franco arenoso con 46%, de la misma manera, comprueba el triángulo de clases texturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1991) arrojando franco arenoso. Además, Hanco (2017) confirma que en particular napa superficial de zonas áridas y semiáridas de la costa peruana se encuentran predominando la fracción franco arenoso.

Tabla 20. *Caracterización física del suelo.*

Análisis Mecánico - Clasificación textural			
Arena %	Limo %	Arcilla %	Clasificación Textural
46.0	41.0	13.0	Fr.

4.2. Caracterización física, química y biológica del suelo

En la tabla 21, se muestran los resultados de la caracterización química y biológica del suelo evaluado, estos resultados son previos a la incorporación de las 03 dosis de enmienda orgánica. Este suelo evaluado presentó valores de potencial de hidrógeno (pH) de 7.52, conductividad eléctrica (CE) de 10.15 dS/m y para porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de 8.94 %, tomando estos valores se considera un suelo salino de acuerdo a la (tabla 1); cabe mencionar que los suelos son salinos son aquellos, cuando cumple la siguiente condición: pH < 8.5, CE > 4 dS/m y PSI < 15% (Bandera, 2004; Corcuera, 2016).

Respecto al contenido de carbono orgánico (CO) del suelo evaluado presenta un valor muy bajo de (0.99%) y en materia orgánica (1.71%) siendo bajo de acuerdo López & Zamora (2016); estos niveles son típicos en zonas áridas y semiáridas (Hernández, 2011). Por lo tanto, confirma la baja relación de productividad en estos suelos salinos de la costa peruana.

Tabla 21. *Caracterización química y biológica del suelo*

Parámetros Químicos									Parámetros Biológicos			
PH	CE	MO	CIC	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	COS	PSI	Hum. Grav.	Resp. Micro.	Biom. Micro.
(1:1)	(dS/m)	%		meq/100g				%	%	(%)	mg CO ₂ /g suelo seco /día	mg C/g suelo seco
7.52	10.15	1.71	11.52	5.46	2.07	2.96	1.03	0.99	8.94	0.86	0.13	0.09

Los altos valores de salinidad encontrados en este suelo, están relacionados propiamente a la región y a la naturaleza de material geológico donde se encuentran la zona investigada (Arbelo et al., 2006). Recio, (2010) afirma que los suelos salinos se encuentran en zonas de climas áridos y secos, además agregó que es característica típica de los suelos de regiones áridas, donde las sales solubles se acumulan en la capa superficial del suelo, en consecuencia, existe improductividad y crecimiento no óptimo de plantas vegetales.

La relación catiónica del suelo estudiado presenta el siguiente orden $Ca^{+2} > K^{+} > Mg^{+2} > Na^{+}$. Esto representa que existe mayor concentración de cationes de calcio con 5.46 meq/100g frente al potasio con 2.96 meq/100g y sodio con 1.03 meq/100g en capacidad ser absorbidos por la textura franco arenoso del suelo, con llevando a determinar la dispersión de partículas, generando pérdida de agregados del suelo, poca porosidad y degradación de la estructura edáfica (Mogollón, 2014).

La suma de cationes muestra la capacidad de intercambio catiónico (CIC) siendo de 11.52 meq/100g. Intagri (2015) afirma que este resultado corresponde a un suelo con textura franco ya que su rango es de 5 – 15 meq/100g. Además, Ramírez (2016) afirma que CIC es la capacidad de intercambio de cationes que tiene la arcilla o materia orgánica en aportar o retener nutrientes. se considera que este suelo requiere mayor cantidad de nutrientes.

4.3 Determinación y evaluación del efecto de las dosis y tiempos tratamiento sobre los parámetros químicos y biológicos

a) Potencial de Hidrógeno en suelo (pH)

El análisis de varianza de la variable de potencial de hidrógeno (pH) del suelo en relación a los dosis y tiempos de tratamiento (ver tabla 22), los cuales, muestra que las dosis de tratamiento no existen significancia de 0.298 siendo mayor a ($P < 0.10$) la cual, afirma que no existe diferencia significativa entre los tratamientos T1, T2, T3; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula que existe igualdad en la concentración de pH en los tratamientos. Sin embargo, en los tiempos de tratamiento se observa que si hay significancia de 0.071 siendo menor a ($P < 0.10$) por lo cual certifica que existe diferencia significativa entre los tiempos de tratamiento 25, 45 y 60 días.

Tabla 22. Análisis de Varianza ANOVA - de potencial de hidrógeno del suelo (pH)

F.V	SC	GL	CM	F	P
Intersección	596.0108	1	596.0108	66019.66	0.000
Tratamientos (%)	0.0300	2	0.0150	1.66	0.298
Tiempos (días)	0.0996	2	0.0498	5.52	0.071
Error	0.0361	4	0.0090		
Total	0.1657	8			

Los resultados de pH en la figura 17, muestran ligeros aumentos de concentración de pH en todos los tratamientos y en los tiempos de medición, donde el T1 (16%) a 25 días muestra el menor aumento de pH del suelo siendo 7.82; mientras que el T2 (20%) a 45 y 60 días obtuvieron aumentos más altos con valores de 8.28 y 8.24 de pH respectivamente. Estos incrementos de valores de pH pueden ser a causa de la incorporación de la enmienda orgánica particularmente del estiércol de vaca debido a que contiene concentraciones altas de sales solubles en dicho sustrato (Hernández, 2011).

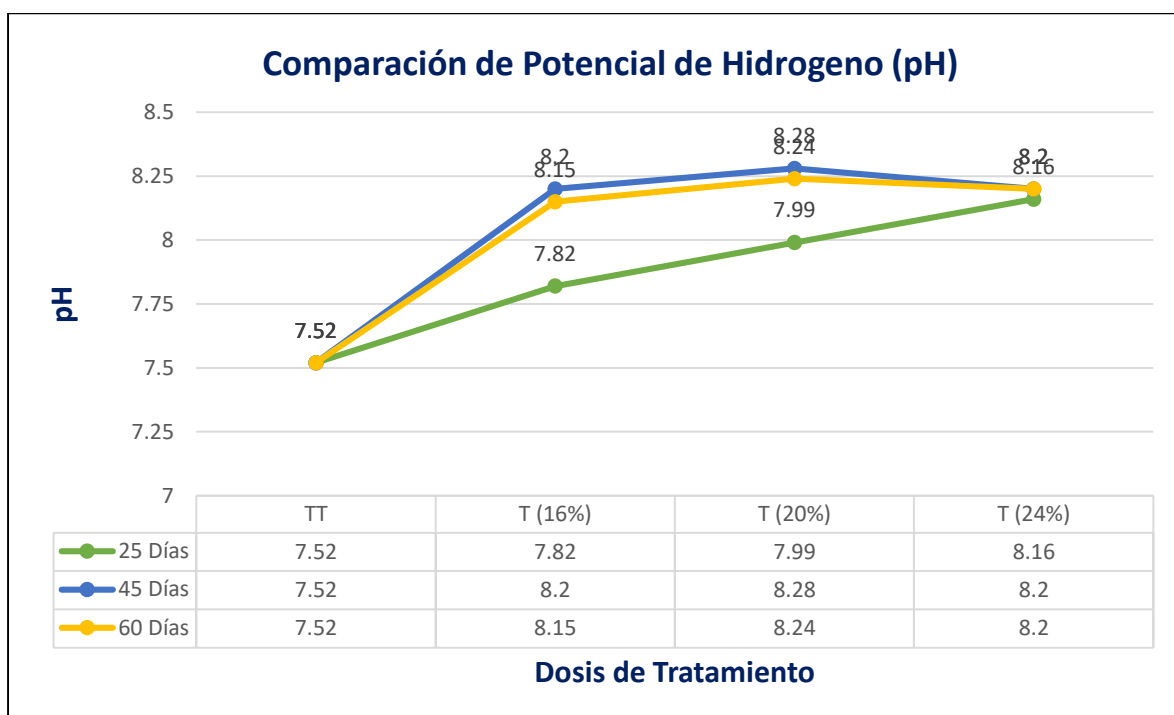


Figura 17. Análisis de efecto al parámetro de potencial de hidrogeno (pH).

De acuerdo la figura 17, el parámetro químico de pH se obtuvieron resultados relativamente estables en comparación con el resultado inicial (TT) ya que se presentan dentro del rango referenciado en la (tabla 1), donde el T1 logró un promedio de 8.05, seguido T2 obtuvo un promedio 8.17 y T3 adquirió un promedio 8.19 respectivamente. De este modo, indica que el suelo salino tratado en relación al pH, tuvo un crecimiento insignificante, es decir se mantuvo la salinidad o alcalinidad de dicho suelo. De acuerdo a USDA (1998) la clasificación del pH es modernamente alcalino conforme a los resultados obtenidos.

De acuerdo García (2013) estos incrementos leves de pH, se debe al tipo de enmienda o a la distinta dosis aplicada. Mogollón (2014) confirma que el pH y CE de los materiales de compost pueden variar mucho entre sí, y esto se debe a los tipos de desechos orgánicos incorporados, la cantidad de proporciones de cada uno, el estado de descomposición, condiciones del proceso de compostaje y almacenamiento.

Las concentraciones de pH del suelo estudiado han demostrado aumentados leves, los cuales reflejan que a mayor concentración de dosis de enmienda orgánica en particular del estiércol de ganado posiblemente aumenten los valores de pH y CE (Mogollón, 2014). Asimismo, García (2013) confirma cuando se utiliza enmienda orgánica en los primeros meses suelen incrementarse los valores de pH, posiblemente por la producción de amonio durante la descomposición inicial de la materia orgánica de los sustratos. Estos aumentos de pH están asociados a la lenta transformación de amonio hacia nitrato, generando reacción básica por la solubilización de sales de reacción alcalina y presencia de amoniaco (Hirzel & Salazar, 2011).

b) Conductividad eléctrica (CE)

En la tabla 23, se muestra que las concentraciones finales de conductividad eléctrica (CE), no existen diferencias significativas entre los tratamientos y de la misma manera, en los tiempos de tratamiento ya que sus significancias son de 0.962 y 0.417 siendo mayores a ($P < 0.10$); sin embargo, se observa en la figura 18, que el tratamiento T1 a 25 días obtuvo un 7.4 dS/m representado la mayor reducción de concentración de sales solubles.

Tabla 23. Análisis de Varianza – ANOVA de Conductividad Eléctrica (CE)

F.V	SC	GL	CM	F	P
Intersección	737.1225	1	737.1225	659.7650	0.000014
Tratamientos	0.0882	2	0.0441	0.0395	0.961667
Tiempos (días)	2.4458	2	1.2229	1.0946	0.417697
Error	4.4690	4	1.1173		
Total	7.003	8			

Se observa en la figura 18, que el efecto de la enmienda orgánica en el tratamiento N°1 a 25 días redujo la mayor concentración de sal del suelo a 7.40 dS/m en comparación del análisis inicial (TT) de 10.15 dS/m, seguido se encuentra el tratamiento N°2 a 60 días quien disminuyó en (8.70 dS/m), luego se encuentra el tratamiento N°3 a 45 días disminuyó en 8.75 dS/m.

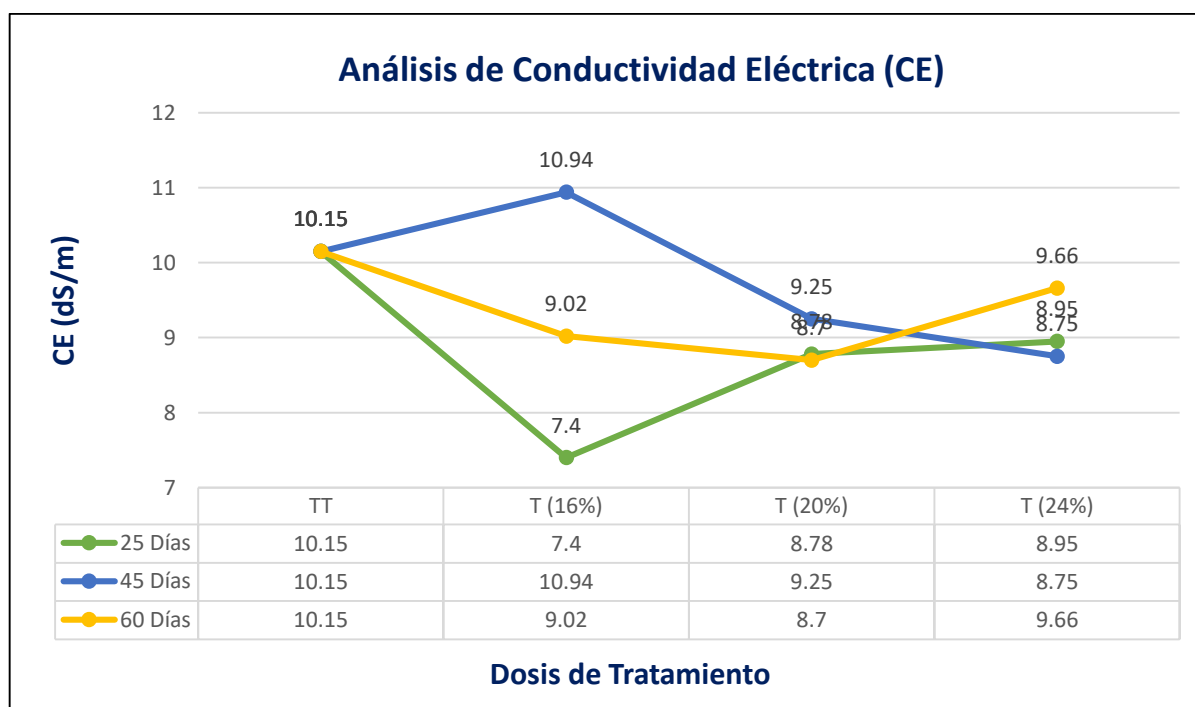


Figura 18. Análisis de efecto al parámetro de conductividad eléctrica (CE).

En virtud de los resultados de la ligera disminución de conductividad eléctrica, este suceso resulta de las reacciones de precipitación de iones liberados por el aporte de nutrientes de los tratamientos (enmiendas orgánicas), generando la liberación de nutrientes desde el suelo y también la absorción de nutrientes debido al aumento inicial de la biomasa del suelo (Hirzel & Salazar, 2011). Del mismo modo, Mogollón (2014) certifica la reducción de conductividad eléctrica en un suelo salino, obteniendo una eficiencia de 46% al término de 03 meses con una dosis 10% de vermicompost procesado de (restos de alimentos, broza del café, pseudotallos de plátano, estiércol equino y sus respectivas lombrices rojas californiana).

Sin embargo, García y otros (2013) señalan que la aplicación de enmiendas orgánicas incrementa los valores de conductividad eléctrica del suelo a consecuencia del elevado aporte de aniones y cationes solubles que contiene estos materiales en particular estiércol de animales, ya que estos sufren un proceso de mineralización de la materia orgánica y acumulación de sales, asimismo, por tratarse de estudios en campo las concentraciones CE pueden variar no sólo con el tipo y dosis de aplicación de enmienda orgánica, sino también a las condiciones de riego, condiciones ambientales y en especial en climas áridos y semiáridos .

c) Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

De acuerdo a la tabla 24, las concentraciones finales del porcentaje de sodio intercambiable (PSI), no existe diferencia significativa entre tratamientos ya que su significancia es 0.219 siendo mayor a ($P < 0.10$) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula que hay igualdad en las concentraciones de PSI en las dosis de tratamiento. De la misma manera, sucede en los tiempos de tratamiento, no existe diferencia significativa ya que su significancia es 0.166 siendo mayor a ($P < 0.10$), expresando que existe igualdad en las concentraciones de PSI en relación a los tiempos de tratamiento.

Tabla 24. Análisis de Varianza – ANOVA de porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

F.V	SC	GL	CM	F	P
Intercept	743.4711	1	743.4711	227.5158	0.000113
Tratamientos	14.8422	2	7.4211	2.2710	0.219281
Tiempos (días)	18.9156	2	9.4578	2.8943	0.166989
Error	13.0711	4	3.2678		
Total	46.8289	8			

El porcentaje de sodio intercambiable (PSI), indica el nivel del complejo de intercambio está saturado con sodio, al respecto en la figura 19, muestra que la enmienda orgánica tuvo efecto de reducción en la concentración de PSI con respecto al análisis inicial (TT) de 8.9%, siendo el T1 (16%) con mayor significancia de reducción de dicho parámetro, la cual a los 25 y 60 días obtuvo valores de 6.25 y 6.32 % respectivamente, por consiguiente, el T3 (24%) también obtuvo reducciones con valores de 6.74 y 6.96 % correspondiente a 25 y 60 días de tratamiento.

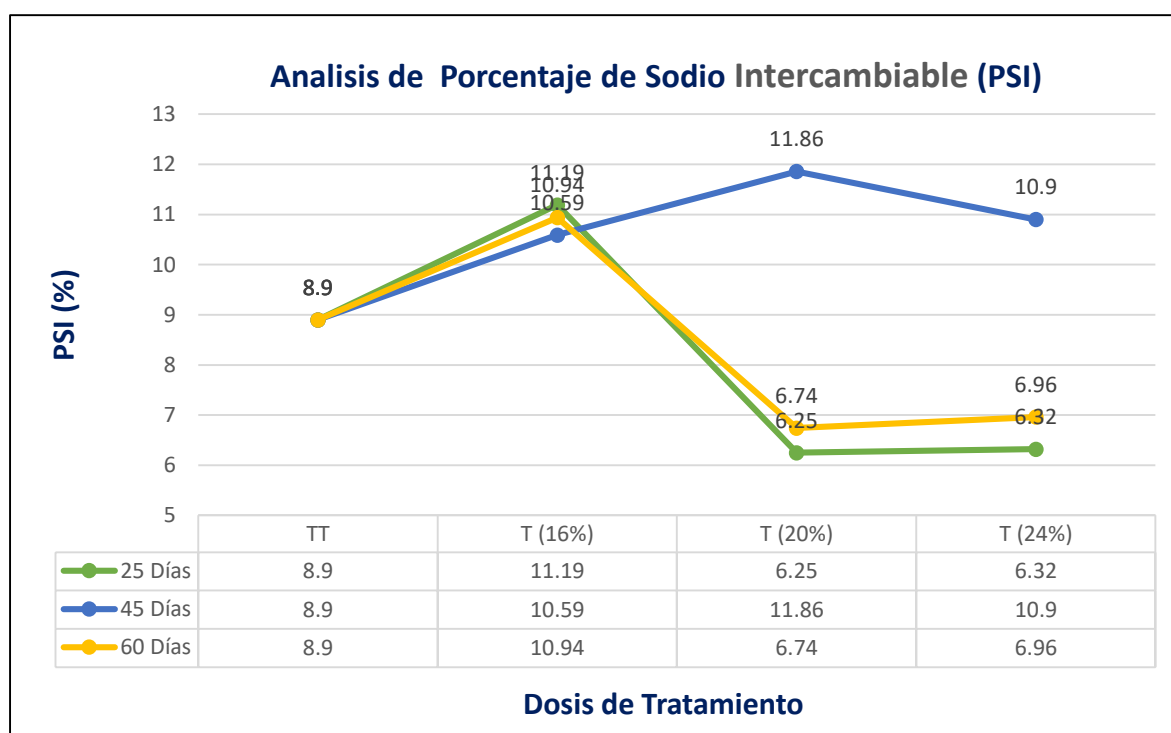


Figura 19. Análisis de efecto al parámetro de porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

Hernández (2011) afirma que la reducción de concentración de PSI en suelo es debido al tratamiento con materia orgánica (enmienda orgánica) ya que este genera lixiviación de sodio (Na^+). En efecto Mogollón (2014) corrobora que la reducción de la sodicidad del suelo es consecuente de la aplicación de enmiendas orgánicas debido al aporte alto de niveles de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) quienes favorecen en la sustitución de Na^+ intercambiable de la matriz del suelo, por lo tanto, podría conllevar a la formación de agregados estables.

Las enmiendas orgánicas con altos contenidos de Ca^{2+} , podrían favorecer el remplazo del Na^+ en el complejo intercambiable, disminuyendo de esta forma el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), y la CE del suelo (Walker & Bernal, 2008 y otros). Por otra parte, indican que la incorporación de materia orgánica a suelos afectados por sales origina la floculación de los minerales arcillosos, esto genera un aumento de espacio poroso, la cual incrementa el proceso de lavado del Na^+ por el riego aplicado y en consecuencia disminuye la conductividad eléctrica del suelo (Mogollón, 2014).

d) Materia orgánica (M.O)

De acuerdo al análisis de varianza en la tabla 25, existe diferencia significativa entre los tratamientos respecto a las concentraciones finales de materia orgánica (MO), ya que su nivel de significancia es 0.00186 siendo menor a ($P < 0.10$), en consecuencia, se acepta la hipótesis alterna manifestando que hay diferencias en las concentraciones de materia orgánica con respecto a los tratamientos incorporados. También se observa que existe diferencia significativa sobre los tiempos de tratamiento, ya que su nivel de significancia es 0.0175 siendo menor a ($P < 0.10$), manifestando que existe diferencia entre concentraciones de MO correspondiente a los tiempos de tratamiento.

Tabla 25. Análisis de Varianza - ANOVA de materia orgánica (MO)

F.V	SC	GL	CM	F	P
Intercept	301.3696	1	301.3696	6309.203	0.000000
Tratamientos	4.2389	2	2.1194	44.371	0.001860
Tiempos (días)	1.2531	2	0.6265	13.117	0.017505
Error	0.1911	4	0.0478		
Total	5.6831	8			

La concentración de materia orgánica en el análisis inicial del suelo salino fue de 1.71%, luego de la incorporación de dosis enmiendas orgánicas se obtuvo incrementos significativos en todos los tratamientos sobre las concentraciones de materia orgánica (MO) ver figura 20. De modo que, el T3 (24%) logró mayor eficiencia de aumento siendo de 5.45, 6.21, 7.1% en tiempos de 25, 45, 60 días, seguido el T1(16%) obtuvieron resultados de 4.88% a los 25 días, 5.52 % a los 45 días y 6.9% a los 60 días, y por último el T2 (20%) resultó con aumentos de 4.62, 5.42, 5.98% de materia orgánica en tiempos de 25, 45, 60 días respectivamente., esto indica que a mayor concentración de enmienda orgánico será mayor la concentración de materia orgánica (MO).

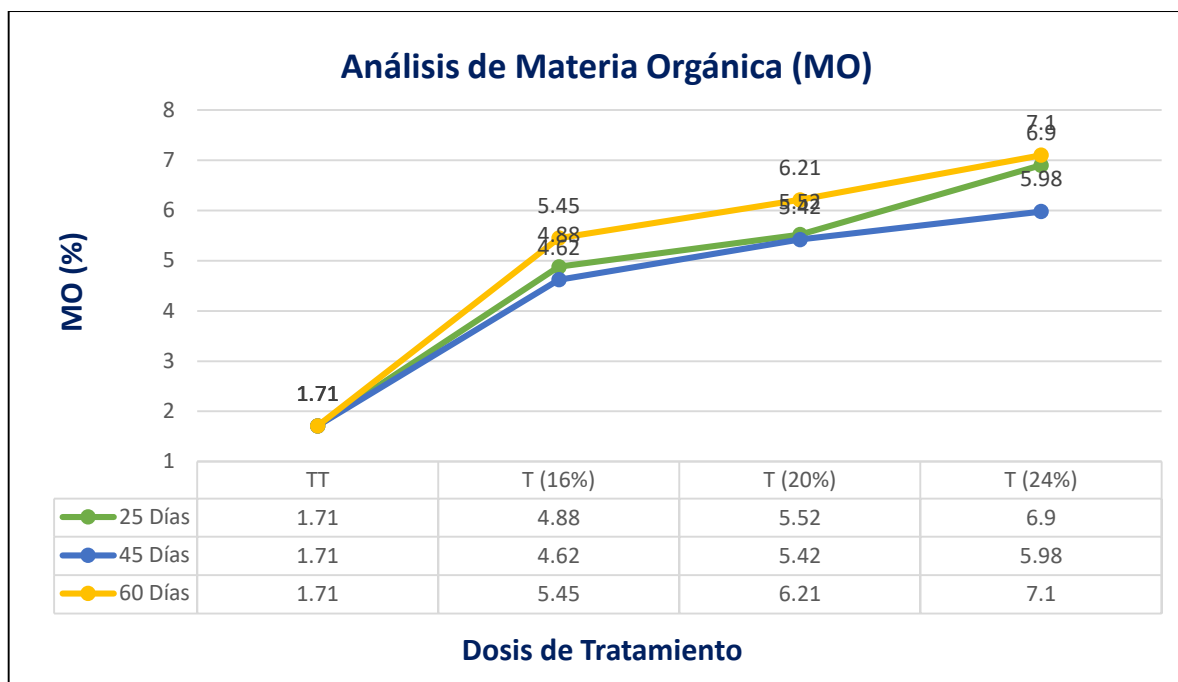


Figura 20. Análisis de efecto al parámetro Materia Orgánica (MO)

Hanco (2017) ha demostrado resultados similares, la cual ha utilizado betarraga asociada al vermicompost de 20% p/p para determinar la eficiencia de desalinización de un suelo, esto generó el aumento del contenido de materia orgánica (MO) desde 0.63 % a 6.67%, por lo tanto, indica mayor concentración de nitrógeno y carbono (C/N) y al mismo tiempo inducción hacia la actividad microbiana en el suelo (Simanca, 2017).

Walker & Bernal (2008) también han comprobado que la aplicación de enmiendas orgánicas a suelos salinos incrementa el contenido de materia orgánica, demostrando Bandera (2004) que la materia orgánica procede de estiércol de corral incluso este disminuye el PSI y el pH del suelo.

Entonces, cuando se utiliza residuos de origen animal y vegetal obviamente el incremento del contenido de materia orgánica es evidente, debido a que estos residuos contienen numerosos elementos nutritivos la cual en mayor proporción son el nitrógeno, fósforo, potasio y en menor proporción el magnesio, sodio y azufre, entre otros (Flores, 2015).

e) Carbono orgánico del suelo (COS)

Se ha demostrado que existe diferencia significativa entre los tratamientos respecto a las concentraciones finales de carbono orgánico del suelo (COS), ver tabla 26. Mediante la mencionada tabla, se observa que el nivel de significancia de los tratamientos es 0.001778, la cual indica que es menor a ($P < 0.10$), por ende, se acepta la hipótesis alterna demostrando que hay diferencias en las concentraciones de carbono orgánico del suelo con relación a los tratamientos aplicados. De igual manera, existe diferencia significativa sobre los tiempos de tratamiento, ya que su nivel de significancia es 0.01683 siendo menor a ($P < 0.10$), representando que existe diferencia entre concentraciones de COS, respecto a los tiempos de tratamiento.

Tabla 26. Análisis de Varianza – ANOVA de carbono orgánico del suelo (COS)

F.V	SC	GL	CM	F	P
Intercept	101.3378	1	101.3378	6443.236	0.000000
Tratamientos	1.4291	2	0.7145	45.432	0.001778
Tiempos (días)	0.4220	2	0.2110	13.416	0.016830
Error	0.0629	4	0.0157		
Total	1.914	8			

La figura 21, expresa que el suelo salino para el parámetro carbono orgánico del suelo fue de 0.99%, después de la incorporación de los tratamientos enmienda orgánica se obtuvieron aumentos significativos en todos los tratamientos sobre las concentraciones de Carbono Orgánico (COS); siendo el T3 (24%) obtuvo resultados de 3.16, 3.6, 4.12% en tiempos de medición de 25, 45, 60 días representando el tratamiento más eficiente, luego está el T1 (16%) logró a los 25 días un 2.83%, a los 45 días un 3.2% y a los 60% días un 4.0% y el T2 (20%) fue quien logró menos aumento de carbono orgánico, la cual obtuvo 2.68, 3.14, 3.47% en tiempos de 25, 45, 60 días respectivamente, demostrando de esta manera que a mayor dosis de enmienda orgánica aumenta la concentración de carbono orgánico del suelo.

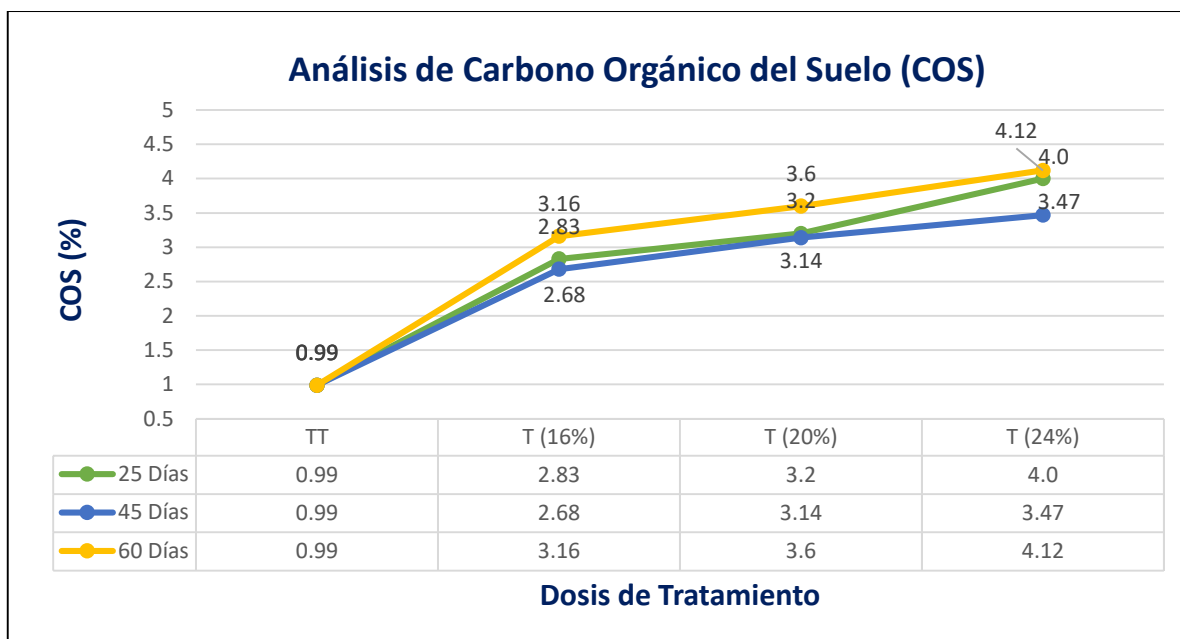


Figura 21. Análisis de efecto del parámetro Carbono Orgánico del Suelo (COS)

La incorporación de enmienda orgánica mezclada ha generado aumentos de carbono orgánico del suelo; Mogollón (2014) demostró que mediante vermicompost a 10%, resulta ser una buena estrategia para la recuperación y el aumento del contenido de carbono en estos suelos con bajos valores de materia orgánica, la cual obtuvo una eficiencia de 168% considerando que el valor inicial fue 2.5 g/kg a los 28 días logró un valor 6.7 g/kg.

Calandrelli & Falcón (2018) añade que la incorporación de enmiendas orgánicas (estiércol de ave y compost) al suelo mejoran el contenido de carbono orgánico. Además, García (2013) menciona que es importante la aplicación de restos vegetales (aserrín) pueden favorecer al incremento de carbono en diferentes fracciones (carbono de biomasa microbiana, carbono de sustancias húmicas, carbono hidrosoluble y carbohidratos hidrosolubles) en los suelos. Por lo tanto, la utilización enmienda orgánica representa un tipo de materia orgánica que contiene una fracción estable (recalcitrante) a la acción microbiana, la cual permite la acumulación de carbono en suelo a través de su agregación en las sustancias húmicas del suelo (Mogollón, 2014).

f) Biomasa microbiana (BM)

En la tabla 27, el análisis de varianza ha demostrado que no existe diferencia significativa de concentraciones finales de Biomasa Microbiana (BM) entre los tratamientos teniendo un nivel de significancia de 0.2724, siendo mayor a ($P < 0.10$), en tal efecto, se acepta la hipótesis nula que existe igualdad entre los tratamientos en relación a las concentraciones de BM. También, se muestra que no existe diferencia significativa de concentraciones finales de BM entre los tiempos de tratamiento con un nivel significancia de 0.1315 siendo mayor a ($P < 0.10$).

Tabla 27. Análisis de Varianza – ANOVA de biomasa microbiana (BM)

F.V	SS	GL	MS	F	P
Intercept	74.30440	1	74.30440	241.4310	0.000100
Tratamientos	1.12747	2	0.56373	1.8317	0.272445
Tiempos (días)	2.16347	2	1.08173	3.5148	0.131523
Error	1.23107	4	0.30777		
Total	4.52201	8			

La figura 22, muestra que el suelo salino para el parámetro de biomasa microbiana (BM) fue de 0.09%, una vez incorporado los tratamientos enmienda orgánica lograron aumentos notablemente significativos en todos los tratamientos en virtud de las concentraciones finales de biomasa microbiana (BM); de los cuales, el T3 (24%) quien tuvo mayor significancia de aumento con 4.29, 2.88, 2.73 mg C/g suelo seco en tiempos de medición de 25, 45 y 60 días respectivamente, luego se encuentra el T1 (16%) y por último T2 (20%) demostrando que aumento la actividad microbiana en este suelo salino fue gracias a la incorporación de enmienda orgánica, los cuales, contribuyeron nitrógeno y carbono para el crecimiento efectivo de los microorganismos.

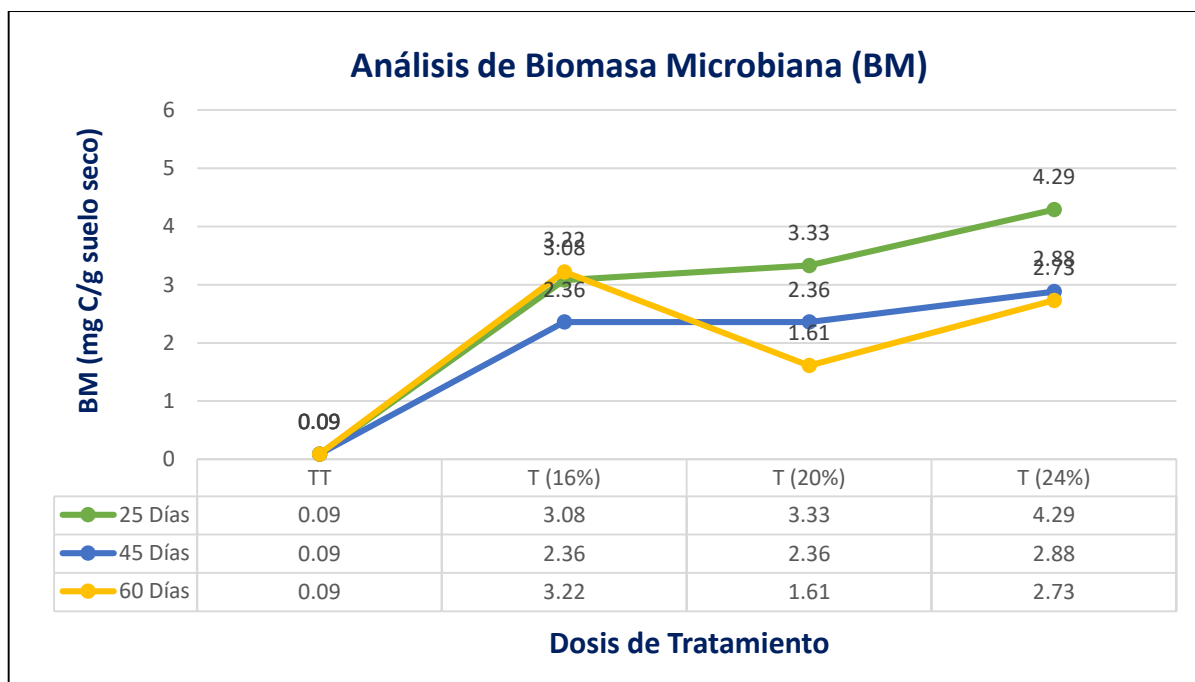


Figura 22. Análisis de efecto del parámetro Biomasa Microbiana (BM)

El incremento de biomasa microbiana (BM) se debe esencialmente a la alta cantidad de microorganismos que existen en el vermicompost, la cual generan una mayor tasa de respiración microbiana (Mogollón, 2014). También (Sosa, 2012) afirma que el aumento de biomasa microbiana resulta de la cantidad de materia orgánica, ya que estos materiales están muy relacionados en el proceso de mineralización de carbono e incrementa la biomasa microbiana.

Simanca (2017) afirma que resultados similares con enmiendas orgánicas aumentan de forma notablemente la biomasa microbiana y respiración microbiana, debido a que las poblaciones microbianas incrementan su metabolismo, (Mardomigo, 2014) por la asimilación de la cantidad de sustratos de carbono contenidos en el sustrato.

Por otra parte, García (2013) menciona que la biomasa microbiana incrementa en el suelo enmendado por estar relacionado a la estimulación del crecimiento de los microorganismos autóctonos del suelo, a causa de los nutrientes y compuestos de carbono

aportados por las enmiendas. Cabe resaltar que la biomasa microbiana es la fracción viva de la MO, formada por los microorganismos menores de $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}$.

g) Respiración microbiana (RM)

En la tabla 28, el análisis de varianza ha confirmado que no existe diferencia significativa de concentraciones finales de Respiración Microbiana (RM) entre los tratamientos teniendo un nivel de significancia de 0.2704, siendo mayor a ($P < 0.10$), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula que existe igualdad entre los tratamientos en relación a las concentraciones de RM. De igual manera, se muestra que no existe diferencia significativa de concentraciones finales de RM entre los tiempos de tratamiento con un nivel significancia de 0.1325 siendo mayor a ($P < 0.10$).

Tabla 28. Análisis de Varianza – ANOVA de respiración microbiana (RM)

F.V	SC	GL	CM	F	P
Intercept	54.90810	1	54.90810	242.1882	0.000100
Tratamiento	0.83707	2	0.41853	1.8461	0.270413
Tiempos (días)	1.58447	2	0.79223	3.4944	0.132502
Error	0.90687	4	0.22672		
Total	3.32841	8			

La figura 23, presenta que la respiración microbiana (RM) en el análisis inicial fue de 0.13%, luego de haber incorporado los tratamientos de enmienda orgánica obtuvieron aumentos de 3 a 4 veces que el resultado inicial, por lo tanto, el T3 (24%) fue quien logro mayor concentración de aumento con 3.68, 2.48, 2.35 mg CO_2/g suelo seco en tiempos de medición de 25, 45 y 60 días respectivamente; seguido se encuentra el T1 (16%) y por último T2 (20%) demostrando que a medida que aumenta la población microbiana y la concentración de dosis de enmienda orgánica también aumentará la respiración microbiana.

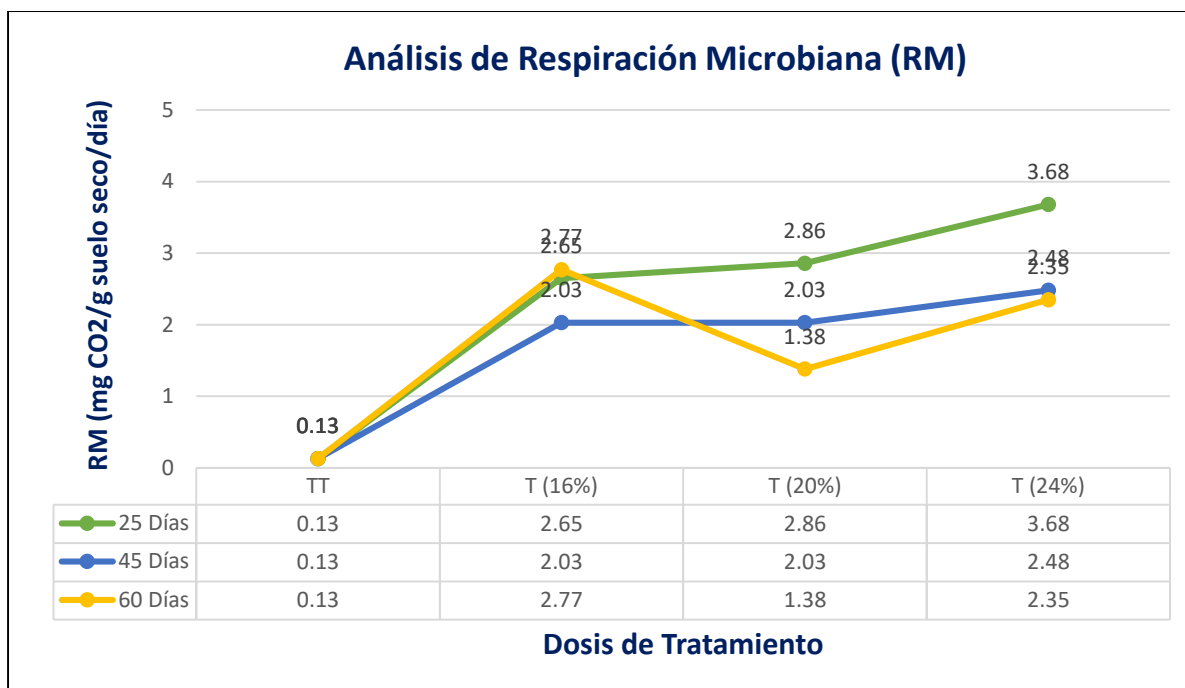


Figura 23. Análisis de efecto del parámetro Respiración Microbiana (RM)

Simanca (2017) señala que todos los tratamientos con abonos orgánicos para el día 50 mostraron tendencia a incrementar la respiración microbiana, la cual podría pasar por el cambio en la estructura de la comunidad de los microorganismos y aumento en la disponibilidad de nutrientes; además, añade que el aumento RM pueda estar relacionado al efecto dispersante del sodio sobre la materia orgánica, ya que, al aumentar la disponibilidad y disolución de esta para los microorganismos, en efecto dichas poblaciones se encuentran en período de crecimiento exponencial al mostrar altas concentraciones de compuestos fácilmente asimilables.

Sosa (2012) atribuye que los residuos vegetales (enmienda orgánica) una vez incorporado al suelo, comienza el proceso de descomposición, este libera nutrientes y emite CO₂, también sucede el proceso de mineralización de la materia orgánica humificada, la cual indica de la suma de la emisión de CO₂ por descomposición y mineralización representa la respiración microbiana o heterotrófica del suelo.

4.4. Determinación de la eficiencia de biorrecuperación mediante enmienda orgánica en el suelo salino.

Para determinar la eficiencia de biorrecuperación del suelo salino mediante la incorporación de la enmienda orgánica, se determinó el porcentaje de eficiencia de los parámetros analizados a través de la ecuación 4; para este caso se tomaron datos sobre los tiempos de tratamiento (25, 45, 60 días) los cuales fueron promediados en relación a cada dosis de tratamiento y con la ecuación mencionada se obtuvo el porcentaje de eficiencia de reducción y aumento tal como se muestra en la tabla 29.

Tabla 29. *Resumen de eficiencia del método de enmienda orgánica con cada tratamiento*

Eficiencia por	Parámetros	D1 %	D2 %	D3 %
Reducción	Conductividad eléctrica	10.1	12.2	10.1
	Porcentaje de sodio intercambiable	-22.5	6.7	9.4
Aumento	Materia orgánica	65.7	70.1	74.3
	Carbono orgánico del suelo	65.7	70.1	74.4
	Biomasa microbiana	96.9	96.3	97.3
	Respiración microbiana	94.8	93.8	95.4

A. Eficiencia en CE

Mediante la figura 24 el parámetro CE, muestra que las dosis de tratamiento de enmienda orgánica mezclada obtuvieron una eficiencia de reducción relativamente baja de 12.2% para el T2, 10.1 % para el T1 y T3, por lo tanto, los tratamientos utilizados en el presente trabajo de investigación resultan ser poco eficientes para la reducción de la CE, esto explica que las enmiendas orgánicas utilizadas posiblemente contenían altas concentraciones de sales solubles.

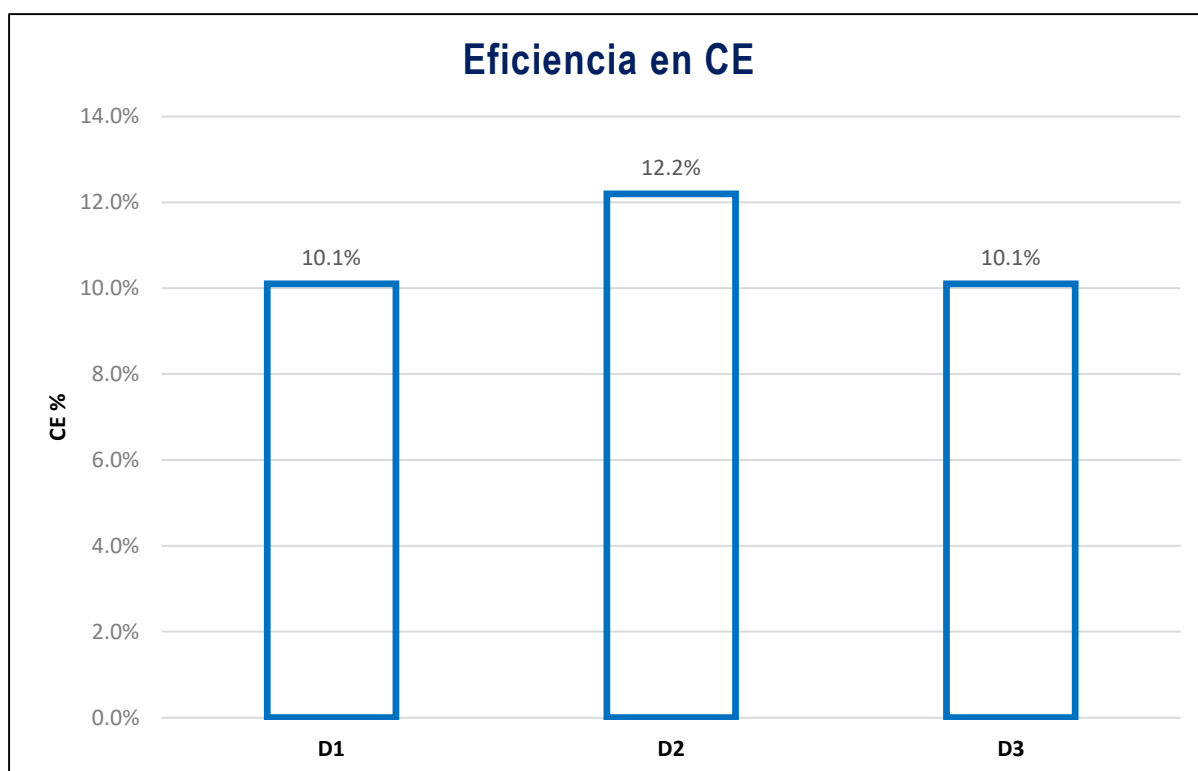


Figura 24. Eficiencia en CE por la incorporación de dosis de enmienda orgánica

La eficiencia de reducción de conductividad eléctrica resulto ser poco eficiente, mientras otros autores señalan que mediante el uso de enmiendas orgánicas (vermicompost) obtuvieron resultados claramente eficientes entre 52.5 y 97.3% en tiempos de tres meses y 28 días (Hernández, 2011; Mogollón, 2014). Estas reducciones suceden debido a que las enmiendas orgánicas pueden adsorber iones de la solución del suelo a través de complejo de intercambio (Hernández, 2011).

B. Eficiencia en PSI

Con respecto al porcentaje de sodio intercambiable, las dosis de tratamiento de enmienda orgánica mezclada obtuvieron eficiencia de reducción relativamente baja, los cuales el T3 disminuyó en un 9.4%, el T2 en un 6.7%, sin embargo, el T1 aumentó, por lo tanto, no obtuvo eficiencia de reducción (ver figura 25). No obstante, estos resultados manifiestan ser favorables, ya que son < 15% de PSI, la cual no percibe tendencia a convertirse en un suelo sódico.

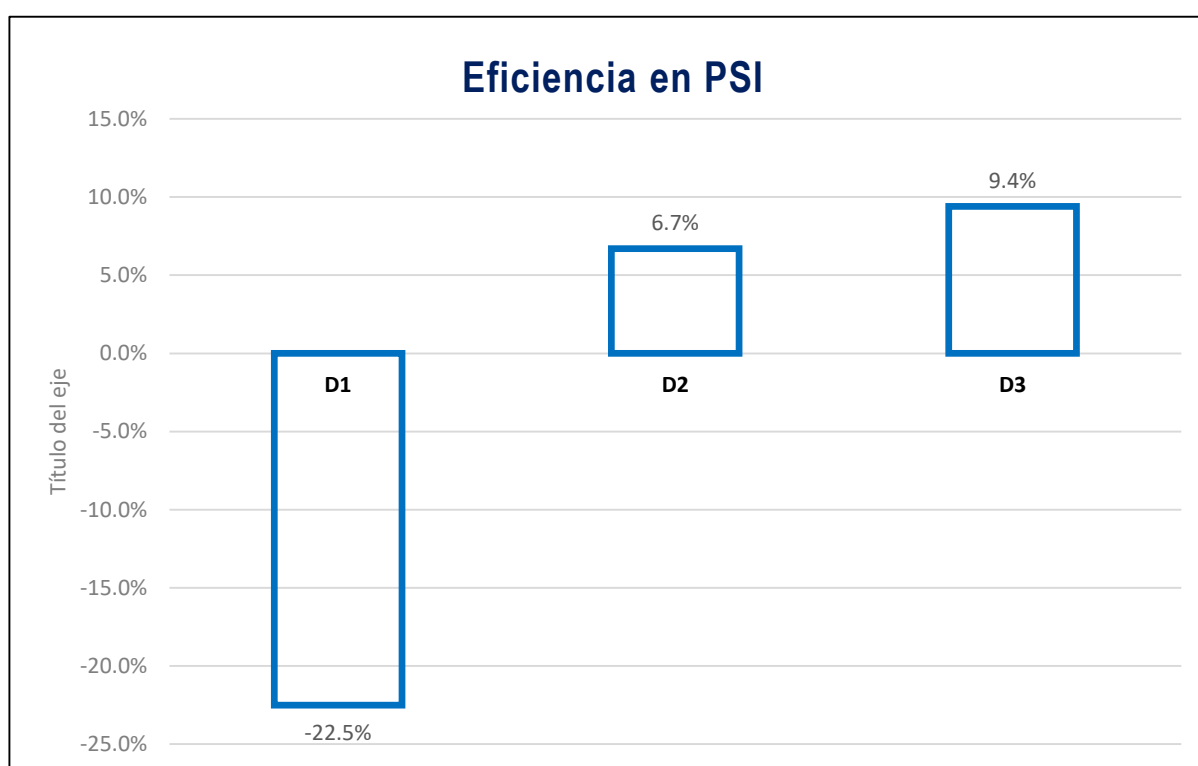


Figura 25. Eficiencia en PSI por la incorporación de dosis de enmienda orgánica

Estas reducciones de PSI con materia orgánica, se producen debido a que la enmienda orgánica facilita la lixiviación de Na^+ por consecuencia del riego frecuente durante el tratamiento y nivel de sodio adsorbido por el complejo de intercambio catiónico (Hernández). Asimismo, Mogollón (2014) afirma que las enmiendas con altos contenidos de Ca^{2+} , podrían ocasionar reemplazo de Na^+ en el complejo de cambio, logrando disminuir el porcentaje sodio intercambiable.

C. Eficiencia en MO

En la figura 26, muestra que el parámetro de materia orgánica (MO) en todas las dosis de tratamiento de enmienda orgánica obtuvieron eficiencia de aumento claramente altos, los cuales el T3 fue más eficiente en un 74.3%, seguido el T2 obtuvo un 70.1% y el T1 obtuvo un 65.7%, la cual indica que la incorporación de enmienda orgánica en este presente estudio fue eficiente con relación al parámetro de materia orgánica.

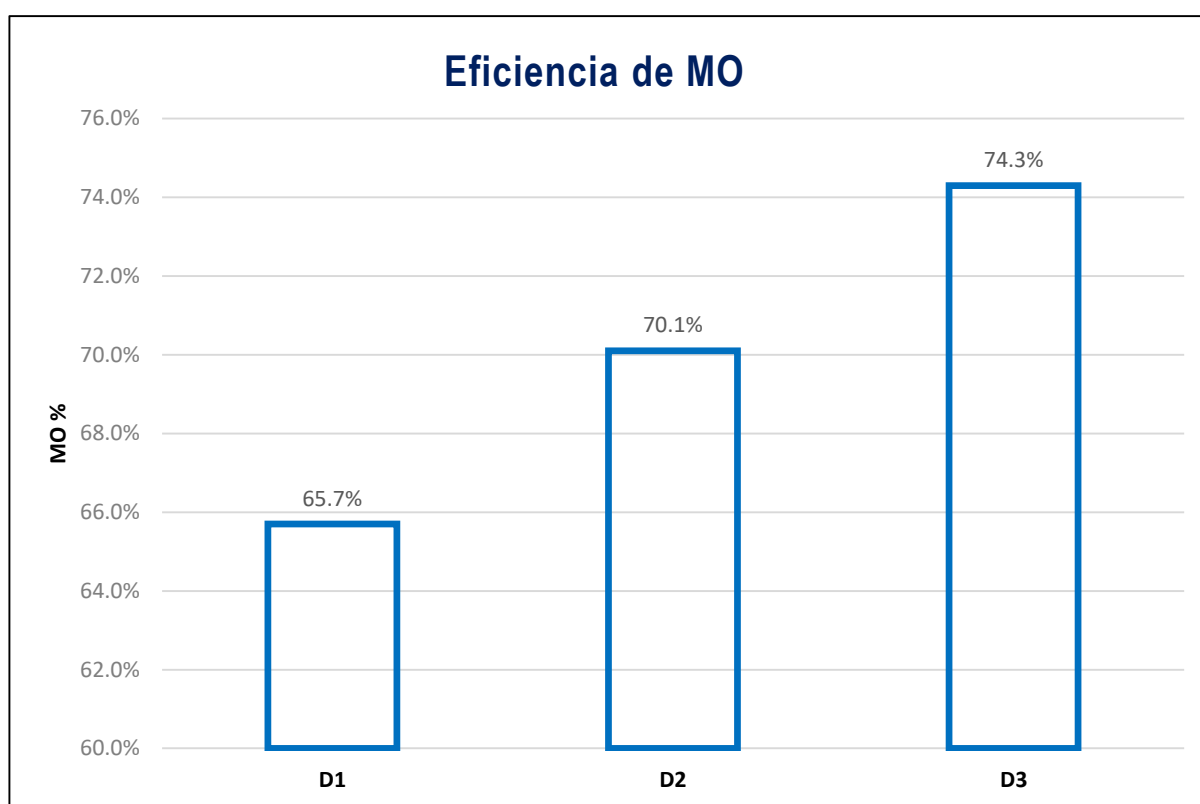


Figura 26. Eficiencia en MO por la incorporación de dosis de enmienda orgánica

La materia orgánica obviamente aumenta al nivel que aumente la concentración de sustrato orgánico, ya que en el aspecto químico amortigua el pH, aumenta la capacidad intercambio catiónico (CIC), produce liberación de nutrientes y reduce la biodisponibilidad de compuestos tóxicos y en aspecto biológico actúa como fuente de energía y nutrientes para los microorganismos del suelo (García, 2013).

D. Eficiencia en COS

En la figura 27, muestra que todas las dosis de tratamiento de enmienda orgánica mezclada lograron eficiencia de aumento del parámetro de carbono orgánico del suelo, siendo paralelamente al parámetro MO, los cuales, el T3 tuvo un aumento más eficiente en un 74.4%, seguido el T2 obtuvo un 70.1% y el T1 obtuvo un 65.7% respectivamente.

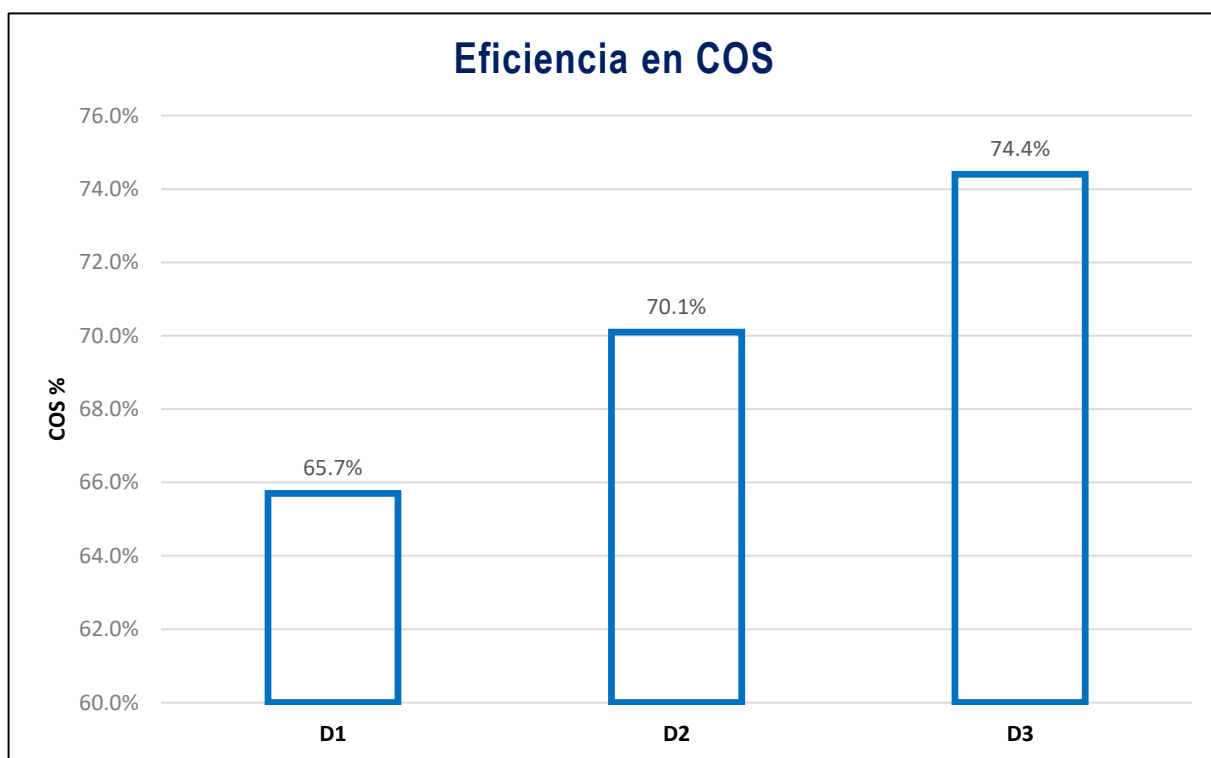


Figura 27. Eficiencia en COS por la incorporación de dosis de enmienda orgánica

Mogollón (2014) señala que los incrementos de carbono orgánico, suceden cuando la materia orgánica contiene una fracción estable (recalcitrante) a la acción microbiana, que permite acumulación de carbono en el suelo de forma progresiva en periodos prolongados, a través de su incorporación en las sustancias húmicas del suelo. Las enmiendas mejoran a corto plazo la cantidad de carbono, ya que fija carbono en fracciones estables para los microorganismos y por ende poco susceptibles a mineralizarse (García, 2013).

E. Eficiencia en BM

En la figura 28, muestra que todas las dosis de tratamiento de enmienda orgánica lograron eficiencia de aumento o producción de biomasa microbiana, donde el T3 tuvo un aumento más eficiente de 97.3%, el T1 consiguió un 96.9% y el T2 obtuvo un 96.3% respectivamente.

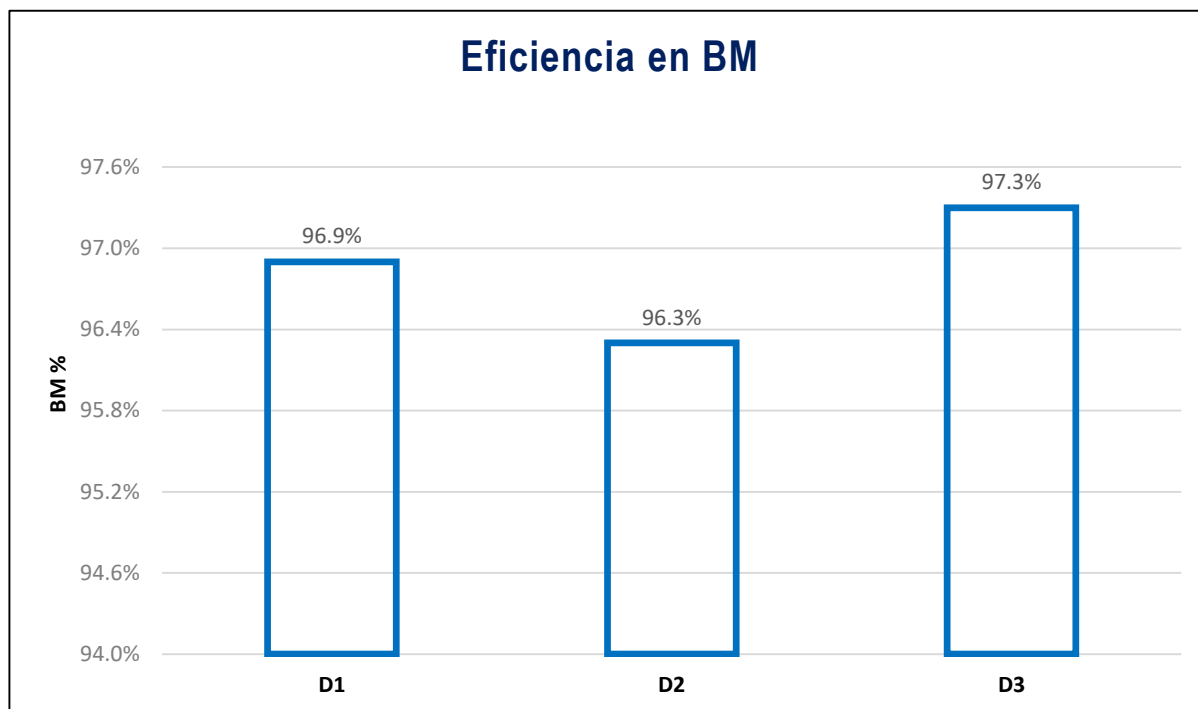


Figura 28. Eficiencia en BM por la incorporación de dosis de enmienda orgánica

El incremento de valores de biomasa microbiana (BM) del suelo enmendado procede principalmente por la adición de sustratos con nutrientes y compuestos de carbono, la cual favorecen el crecimiento de la biomasa autóctona del suelo y por la incorporación de nuevos microorganismos que forman parte de los materiales aplicados (García, 2013). Asimismo, Mardomingo (2014) confirma que la biomasa microbiana del suelo aumenta debido a la cantidad de sustratos de carbono, al contenido de microorganismos, a la estabilidad de la materia orgánica incorporados en el suelo de estudio. Además, se comprobado que existe relación directa entre este parámetro y el COS, ya que al aumentar BM también aumenta la biodisponibilidad del carbono para ser utilizado por los microorganismos.

F. Eficiencia en RM

En la figura 29, muestra que todas las dosis de tratamiento de enmienda orgánica lograron eficiencia de aumento de respiración microbiana, de los cuales, el T3 tuvo un aumento más eficiente de 95.4%, seguido el T1 obtuvo 94.8% y el T2 alcanzó un 93.8% respectivamente.

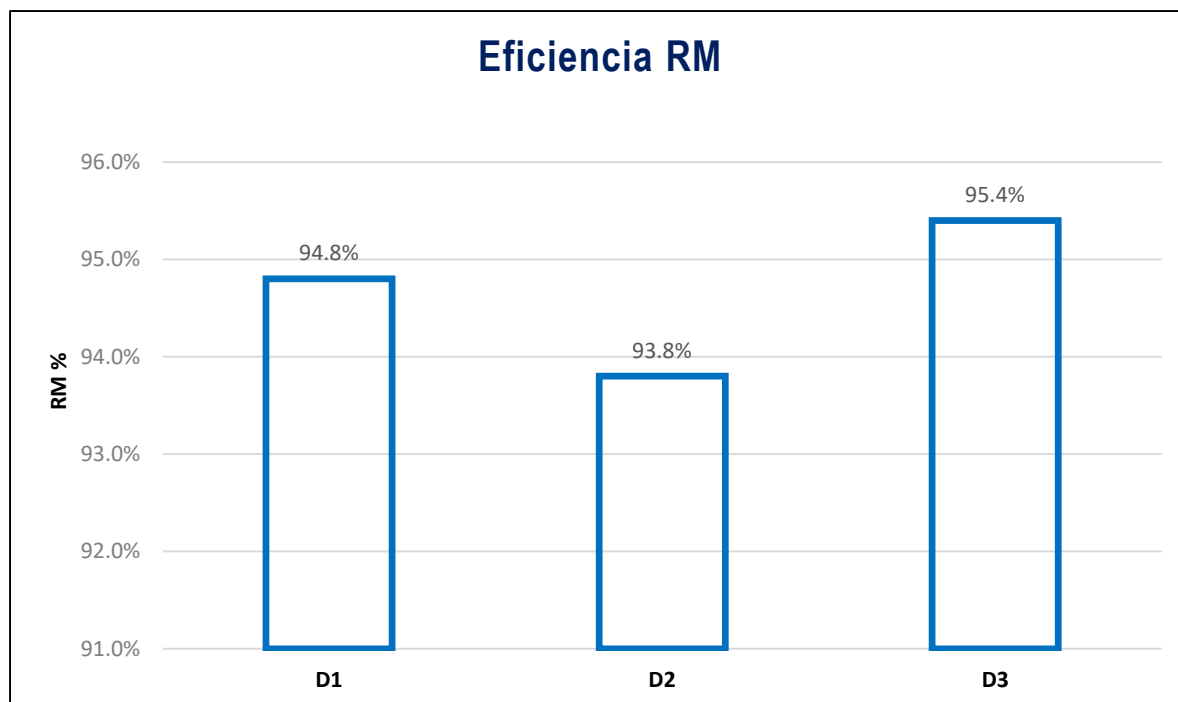


Figura 29. Eficiencia en RM por la incorporación de dosis de enmienda orgánica

La eficiencia de aumento o producción de respiración microbiana demostró ser eficiente, caso similar de acuerdo a García (2013) afirmando que con residuos domésticos y compost de lodo de dosis de 15 a 20% incrementaron los valores de respiración microbiana durante los primeros días debido a la descomposición de carbono más fácilmente biodegradables, posteriormente se producen una ralentización de respiración, debido a que van disminuyendo los sustratos fácilmente mineralizados por los microorganismos, luego es progresivo el incremento a causa del desprendimiento acumulativo de CO₂, por ende obtienen más energía.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La incorporación de enmienda orgánica en el suelo salino en una parte de la ladera del establo de Agropecuaria Villa Asís, demostró eficiencia de biorrecuperación en la mayoría de parámetros analizados logrando eficiencias entre 10.1 a 12.1% respecto a la reducción de conductividad eléctrica (CE) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) fue de 6.7% a 9.4%; mientras en la materia orgánica (MO) y carbono orgánico del suelo (COS) aumentaron las eficiencias entre 65.7% a 74.4%, con respecto eficiencia de biomasa microbiana (BM) logró eficiencia entre 96.3% a 97.3% y respiración microbiana (RM) 93.8% a 95.4% respectivamente.

En cuanto a las propiedades químicas seleccionadas en el presente estudio, la conductividad eléctrica (CE) logró reducir las concentraciones en todos los tratamientos aplicados de 10.15 a 8.91 dS/m, el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) también disminuyó de 8.9 a 8.07 % en el tratamiento 2 y 3, a excepción del pH de suelo se mantuvo dentro los niveles de alcalinidad entre 8.06 a 8.19 respectivamente, mientras que la materia orgánica (MO) y carbono orgánico del suelo (COS) aumentaron sus niveles de concentraciones en forma paralela en todos los tratamientos . Por lo tanto, la incorporación de enmienda orgánica mejoró las propiedades químicas del suelo salino, ya que presentaron mejores valores que los resultados iniciales, los cuales, muestran efectos positivos en relación a la reducción de sales e incremento de materia orgánica y carbono orgánico del suelo.

Por otra parte, las propiedades biológicas seleccionadas para este estudio, biomasa microbiana (BM) y respiración microbiana (RM) aumentaron significativamente con niveles de 3.30 mg C/g suelo seco y 2.84 mg CO₂/g suelo seco /día respectivamente, los cuales, presentan mejoras en las propiedades biológicas del suelo salino por la incorporación de enmienda orgánica, ya que dichos sustratos son capaces de proliferar la biomasa microbiana y aumentar la respiración microbiana.

El tratamiento más eficiente en el proceso de biorrecuperación del suelo sobre las propiedades químicas fue el T1 con dosificación total de 16% contiendo (Aserrín de madera, estiércol de vaca y tierra chacra) logró un pH cerca de la neutralidad y con respecto al tiempo tratamiento quien logró mayor estabilidad en los valores de pH fue a los 25 días, asimismo, el T1 con dosificación total de 16% fue más eficiente en relación a la conductividad eléctrica (CE) logrando una reducción de 27.1%, con un tiempo de tratamiento a los 25 días; mientras, el T3 con dosificación 24% fue más eficiente con 9.4% en la reducción del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y el tiempo de tratamiento mejor fue a los 25 días y seguido a los 45 días. Por otro lado, todos los tratamientos (T1, T2, T3) lograron ser eficientes para las propiedades químicas de materia orgánica (MO), carbono orgánico del suelo (COS) y en las biológicas; biomasa microbiana (BM) y respiración microbiana (RM) fueron quienes aumentaron sus niveles de concentración, pero el T3 con dosificación de 24% fue quien obtuvo los más altos o mejores valores de dichos parámetros. Y los tiempos de tratamientos mejores fueron a los 25 y 60 días respectivamente. Esto indica que la enmienda orgánica favoreció el proceso de biorrecuperación al aumentar la biodisponibilidad de carbono fácilmente mineralizada por las acciones de los microorganismos que también aumentaron significativamente, es decir, a mayor concentración de dosis de enmienda orgánica se obtuvieron aumentos en relación sustrato de carbono y biomasa microbiana.

De acuerdo a los análisis estadísticos, los únicos parámetros que mostraron tener diferencia significativa en los dosis y tiempos de tratamiento fueron en la materia orgánica, carbono orgánico del suelo y a excepción del pH del suelo, que solo ocurrió diferencia significativa entre los tiempos de tratamiento.

La incorporación de tratamiento de dosis de enmienda orgánica mezclada (aserrín de madera, estiércol vaca y tierra chacra) demostró ser una buena estrategia de biorrecuperación y/o mejora de las propiedades químicas y biológicas, desde el punto de vista de fijar la mayor cantidad materia orgánica, carbono orgánico en este suelo con bajos niveles de nutrientes, por lo tanto, favoreció el incremento y actividad de la población microbiana del suelo.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda efectuar tratamiento con enmienda orgánica mezclada (estiércol de vaca, aserrín madera y tierra chacra) con tiempos mayores a dos meses con el objeto de lograr una eficiente capacidad de biorrecuperación en suelos salinos con respecto a la disminución de los niveles de pH, CE y PSI respectivamente.

La calidad del agua de riego es muy fundamental para el proceso de biorrecuperación de suelos salinos, por tal efecto, se recomienda analizar el agua de riego con la finalidad tener mayor control de experimento, puesto que es necesario conocer las concentraciones de sales solubles y alcalinidad mediante el análisis de conductividad eléctrica y pH del agua de riego. Asimismo, se sugiere realizar buen drenaje o instalar sistema de riego por dispersión, ya que permite una alta frecuencia de riego para la lixiviación de sales, la cual evitará concentraciones de sales en la capa superficial del suelo.

También es importante la calidad de enmienda orgánica para evaluar la eficiencia de biorrecuperación de suelos salinos en particular para la reducción de valores de conductividad eléctrica, por lo tanto, se sugiere análisis de las propiedades químicas y biológicas previo a la incorporación dosis de tratamiento, con el objeto de verificar el contenido de nutrientes, el grado de estabilidad y madurez de materia orgánica, sales solubles, metales pesados, patógenos entre otros, esto permitirá prevenir riesgos de aumentos de salinidad y contaminación del suelo.

Sembrar plantas de cultivo que poseen resistencia a la salinidad e incorporar al suelo, mezcla de enmienda orgánica con enmienda química (cal) en ladera de Agropecuaria Villa Asís, entre las especies frutales que podrían ser utilizadas de acuerdo a los resultados obtenidos; el olivo, higuera y granada en pendientes menores a 20%, mientras las plantas de cultivo serían; la remolacha azucarera, cebada, algodón y tomate en pendientes menores a 12% (Ver anexo 09).

Continuar con investigaciones relacionados a la recuperación de suelos con problemas de salinización en las zonas áridas y semiáridas de la costa peruana, se recomienda utilizar otros tipos de enmiendas orgánicas (residuos de poda, domiciliarios, lodo de agua residual, gallinaza y otros). Así mismo, incluir en los análisis a los parámetros de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y la relación de C/N para ver las concentraciones de nutrientes y la estabilidad de la materia orgánica. Se sugiere tomar como referencia el presente trabajo de investigación para desarrollar nuevos métodos de biorrecuperación en estas zonas.

REFERENCIAS

- INEI. (2007). Compendio estadístico del Perú. *Compendio estadístico del Perú*.
- Alarcon, J. (2010). Diagnostico de los problemas de salinidad en los Suelos del Valle de el Tocuyo . *Centro Interamericano de desarrollo integral de aguas y tierras*, 1-48.
- Alzate, & Campiño. (2014). Actividad microbiana de suelos con manejo orgánico y convencional. *Universidad Tecnológica De Pereira Escuela De Química*, 1-69.
- Arbelo, C., Mora, L., & Rodriguez, R. G. (2006). Salinidad y alcalinidad en suelos de las zonas aridas de tenerife (islas canarias). *Efadofolgia Volumen 13*, 1-9.
- Bandera, R. (2004). Rehabilitacion de suelos salino-sodicos: evaluacion de enmiendas y especies forrajeras. *Facultad de Agronomia- Universidad de Buenos Aires*, 1-56.
- Buendía, H. (2013). Biorremediación de suelo contaminados por hidrocarburos mediante el compost de aserrín y estiércol. *Instituto de investigación (RIIGEO)*, 1-8.
- Bustanza, L., Carbo, N., & Tito, G. (2014). Manual de practicas de suelo. *EP Ingeiería Ambiental* , 1-76.
- Cabrera, F. (2007). Materia Organica del suelo: papel de las enmiendas organicas. *Instituto de recursos naturales y agrobiologia de sevilla IRNAS*, 1-17.
- Calandrelli, L., & Falcón, M. (2018). Efecto de enmiendas organicas sobre el suelo y cultivo de lechuga protegido. *Universidad Nacional de la Plata - Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales*, 1-41.
- Cantú, M., Becker, A., Bedano, J., & Schiavo, F. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del suelo - Sicelo*, 1-7.
- Carrow, N., & Ducan, R. (2012). Saline and Sodic Turfgrass Soils. *CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton London New York*, 1-415.
- Consejo Nacional Del Ambiente CONAM. (2006). Indicadores Ambientales Piura. *Sistema Nacional de informacion Ambiental*, 1-174.
- Corcuera, C. (2016). Análisis de la fertilidad de los suelos agrícolas destinados al cultivo de arroz en la cuenca baja del río jequetepeque. *PUCP - Escuela Posgrado*, 1-136.
- Dhar M, k. P. (2016). Cambios en las propiedades biológicas y químicas del suelo salino enmendados con compost de residuos sólidos urbanos y fertilizantes químicos en una mostaza - sistema de cultivo de mijo perla. *Elsevier-ScienceDirect*, 1-8.
- Espinosa, E. (2010). Guia practica de la fertilizacion racional de los cultivos en España. *Ministerio del Medio Ambiente y el Medio Rural y Marino* , 1-120.

- FAO. (2007). Caracterización y evaluación de la salinidad. *Instituto de suelos -Ministerio de Agricultura - Costa Rica* , 1-9.
- Fernandez, M., Gamiño, R., Blanco, L., & Correa, V. (2014). Dinamica de la salinidad de suelos. *El hombre y su ambiente*, 1-10.
- Flores, L. (2015). Efecto de las enmiendas orgánicas terramar®, humax® 90 y koripacha – bio®, sobre algunas propiedades del suelo y el rendimiento del cultivo de rabanito (*raphanus sativus* l.) en el distrito de San Jeronimo provincia de Andahuaylas. *Universidad Tecnologica de los Andes- Escuela Profesional de Agronomia*, 1-92.
- Fox, E. (2013). Evaluacion de perdida de suelo por salinizacion en la parte de ls cuenca del Jequetepeque. *Falcultad de letras y ciencias humanas - PUCP*, 1-99.
- García, E. (2013). Estrategias para la recuperación de suelos degradados en ambientes semiáridos: adición de dosis elevadas de residuos orgánicos de origen urbano y su implicación en la fijación de carbono. *Universidad de Murica - Departamento de quimica agricol, geología y edafología*, 1-363.
- Garro, J. (2017). El suelo y los abonos organicos. *Inta Costa Rica*, 01-113.
- Gonzalez, L. (2005). Algunas reflexiones para el manejo sostenible de suelos afectados por salinidad. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 1-3.
- Grez, R. (1995). Aplicación de aserrin de la industria forestal para el mejoramiento del suelo . *Universidad Austral de Chile, Facultad de ciencias forestales, instituto de silvicultura* , 1-5.
- Guerra, R. (2015). Evaluacion de las areas bajo riego afectadas por la salinidad y sodicidad en Argentina. *INTA*, 1-67.
- Hancoo, C. (2017). Desalinización con Beterraga(*Beta vulgaris* L.) asociada al vermicompost y cal agrícola para el mejoramiento de la calidad del suelo, Cañete, 2017. *Universidad Cesar Vallejo - Escuela profesional de Ingenieria Ambiental*, 1-89.
- Hang, S. (2013). El complejo de intercambio (CI) del suelo capacidad de intercambio catiónica (CIC) . *Doc PLayer*, 1-79.
- Hernandez, J. (2011). Bio recuperacion de suelos salinos con el usp de materiales organicos. *Departamento de Edafologia- Politecnica*, 1-143.
- Hirzel, J., & Salazar, F. (2011). Uso de enmiendas orgánicas como fuente de fertilización en cultivos. *INIA Quilamapu - Técnicas de conservación de suelos, agua y vegetación en territorios degradados*, 1-30.

- Ibáñez, J. (2008). Acidez, salinidad y Sodicidad de suelos: Distribución Mundial . *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, 1-7.
- Iglesias, M. (2008). Estudio del carbono de la biomasa microbiana en suelos alterados. *LAZAROA*, 1-7.
- INADE, I. N. (2010). Investigación sobre el problema de salinidad en los suelos en la costa peruana (en línea). *UNALM*, 1-5.
- Intagri. (2015). *La capacidad de intercambio catiónico del suelo (en línea)*. Guanajuato, Mexico .
- Jahnsen, M. (2013). Impacto de la represa gallito ciego en la pérdida de tierras de cultivo por salinización en la cuenca baja del Río Jequetepeque 1980-2003. *Facultad de letras y ciencias humanas - Universidad Católica del Perú* , 1-73.
- Jaramillo. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. *Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Medellín*, 1-619.
- Jorge, T. (2014). Condiciones del marco físico, productivo y socioeconómico en el distrito de riego 014 Río Colorado. *Colegio de Post*, 1-150.
- Julca, A. (2006). La Materia Orgánica, importancia y experiencias de uso en la agricultura. *IDESIA*, 1-13.
- Lamz, A., & Gonzalez, M. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 1-12.
- López, G., & Zomora, A. (2016). Diagnóstico de la fertilidad del suelo en el área de investigación, innovación y desarrollo de la espam- mfl. *EPAMMFL*, 1-75.
- Marchese, A. (2015). Estudio físico y químico de suelos agrícolas para la estimación del nivel de salinización en el sector bajo de San Pedro de Lloc. *Facultad de ciencias e ingeniería - Universidad Católica del Perú* , 1-124.
- Mardomingo, J. (2014). Evolución de los componentes de carbono, nitrógeno y propiedades edáficas de un suelo agrícola mediterráneo tras la aplicación de altas dosis de residuos orgánicos biodegradables. *Universidad Complutense de Madrid - Tesis Doctoral - Departamento de Edafología*, 1-204.
- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para muestreo de suelos. *Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Services*, Obtenido de: <http://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>.
- MINAG. (2010). Compendio estadístico agrario de la oficina de estudios económicos y estadísticos (OEEE).
- MINAM. (2015). "Forestación en zona árida" Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi. *Ministerio del Ambiente*, <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp->

- content/uploads/sites/11/2015/01/Foresatacion-en-zona-arida-Parque-Ecologico-Nacional-Antonio-Raymondi.pdf.
- MINLIMA. (2012). Las Lomas Costeras de Lima. *Municipalidad Metropolitana de Lima*, Obtenido de: <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/11/2015/01/Foresatacion-en-zona-arida-Parque-Ecologico-Nacional-Antonio-Raymondi.pdf>.
- MINAM. (2014). Guía de muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente . *Ministerio del Ambiente*, 1-72.
- MINAM. (2016). Estrategia Nacional De Lucha Contra La Desertificación Y La Sequía 2016-2030. *Ministerio del Ambiente*, 1-178.
- Mogollon, J. (2014). Efecto de la aplicacion de un vermicompost en las propiedades quimicas de un suelo salino-sodico el semiarido venezolano. *Ciencias del suelo* , 1-6.
- Mulas, R. (2009). Tratamiento y recuperacion de suelos contaminados: fundamentos de biorremediacion . 1-18.
- Ochoa, C., & Urroz, F. (2011). Determinación de los indicadores biológicos de suelos agrícolas. 1-2.
- Oficina Nacional De Evaluacion de Recursos Naturales ONERN. (1973). Evaluación de la Salinidad en el Peru. *Ministerio de Agricultura*, 1-33.
- Paredes, S. (2016). Respiración microbiana del suelo en sitios con diferente cobertura arbórea en el bosque de abies religiosa en la cuenca del Río Magdalena, D. F., México. *Universidad Nacional Autonoma de Mexico*, 1-63.
- Peña, E., Mariam, C., Francisco, M., Adolfo, R., & Nelso, C. (2002). Manual para la producción de abonos organicos en la agricultura urbana. *NIFAT*, 1-65.
- Pilar, R., Martinez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor experiencias en America Latina*. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO.
- Pinchao, J. (2013). Estimacion del pontencial productivo del suelo (PPS)en cultivo de Maiz afectado por salinidad. *ILAMA*, 1-115.
- Porta J, L. A. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Marid - España: Mundi-prensa Libros.
- Prager, M., Rojas, A., Pérez, J., & Zuñiga, O. &. (2006). ctividad y biomasa microbianas como indicadores de materia orgánica en sistemas de cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) en Toro, Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronomica* , 1-11.
- Ramirez, P. (2016). Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos de la cancha pública de Golf - San Bartolo- Lima. *Facultad de Ingeniería Agrícola- Universidad Nacional Agraria la Molina*, 1-103.
- Recio, B. (2010). Influencia del sobre el suelo (salinida) . *En B.V Madrid*, Obendio de <http://lan.inea.org:8010/web/materiales/web/riego/anuncios/trabajos/la%20salinidad.pdf>.

- Rincón, M. (2004). Estudio de la Biorremediación como una alternativa en la mitigación de la contaminación ambiental . *Facultad de Ciencias Basicas, Escuela Química, Universidad Industrial de Santander*, 1-136.
- Rios, D. (2016). Aprovechamiento del aserrín como material de construcción y para otros fines. *Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto*, 1-23.
- Rojas, C. (2005). Recuperación de suelos afectados por sales en el departamento del Valle del Cauca mediante el uso de vinaza concentrada. *Universidad de la Salle - Facultad de Ingeniería Ambiental*, 1-230.
- Roman, P., María, M., & Alberto, P. (2013). Manual de compostaje del agricultor. *FAO*, 1-112.
- Salfullah, Saad, Asif, & Ravi, Z. &. (2018). La aplicación del biochar para la remediación de suelos afectados por sales: desafíos y oportunidades. *Elsevier*, 1-16.
- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación* . México : Sexta Edición- Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana.
- SEGARPA. (2007). Salinidad del suelo . *Vivir mejor* , 1-59.
- SERFOR. (2015). Guía de flora de Lomas de Lima. *Ministerio de Agricultura y Riego*, 1-162.
- Serrato, M., & Ortiz, A. D. (2002). Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la comarca lagunera, México. *TERRA Latinoamericana - redalyc*, 1-9.
- Simanca, R. (2017). Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y azufre elemental sobre propiedades químicas, físicas y biológicas de un suelo sodico typic haplustepts con cultivo de maíz (zea mayz) en el copey-cesar. *Universidad Nacional de Colombia - Facultad de ciencias agrarias*, 1-100.
- Soca, R. (2015). Identificación de Tierras Degradadas por Salinidad del Suelo en los Cultivos de Caña de Azúcar en Pomalca usando Imágenes de Satélite. *Facultad de ciencia físicas- Universidad Nacional de San Marcos*, 1-156.
- Sosa, V. (2012). Efecto de la adición de vermicomposta en la mineralización de carbono y biomasa microbiana en un suelo agrícola. *Tesis Doctoral - Instituto Politécnico Nacional*, 1-83.
- Tarango, S., & Chavez, N. (2011). Daño Salino en nogal Pecanero. *INIFAP*, 1-49.
- Toledo, B. (2009). Aplicación de procesos biológicos como medida de remediación para recuperar suelos limo arcillosos contaminados con gasolina. *Facultad de ciencias de la tierra- Escuela Superior Politécnica del Litoral - Guayaquil Ecuador*, 1-162.
- USDA. (1998). Soil quality information sheet. Soil quality indicators: pH. Washington. *United States Department of Agriculture*, Obtenido de: <http://soils.usda.gov/sqi/publications/files/indicate.pdf>.

- USDA. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Washington, DC: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. Obtenido de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf.
- Vásquez, J. (2018). Recuperación de suelos degradados por el manejo de *Gypsophila paniculata* bajo condiciones de la Molina” . *Universidad Nacional Agraria La Molina* , 1-225.
- Vázquez, J., & Loli, O. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria - Scielo Peru*, 1-10.
- Villafañe, R. (2011). Sosalriego: Un procedimiento para diagnosticar los riesgos de sodficacion y salinizacion del suelo con el agua de riego . *Bioagro*, 1-9.
- Walker, D., & Bernal, P. (2008). The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Elsevier - Science Direct Tecnología Bioambiental*, 396-403.
- Zhang T, W. T. (2015). Efectos de diferente enmiendas para el recuperación de suelos salinos costera en suelo nutritivo dinámicas y eléctricas respuestas de conductividad. *ELSEVIER-ScienceDirect*, 1-8.

ANEXOS

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



Figura 30. Carta de solicitud de autorización al área de estudio

Anexo 2. Constancia de autorización de ejecución del proyecto tesis



Figura 31. Constancia autorizada por la administración de Villa Asis

Anexo 3. Ubicación de los puntos de muestreo del suelo y de tratamientos


Puntos de muestreo			
Item	Numero de muestra	Coordenadas	
		18 L	UTM
Puntos de estudio	01	300987	8672528
	02	300980	8672526
	03	300985	8672524
	04	300982	8672519
	05	300987	8672521
Puntos de tratamientos y preparación de enmiendas orgánicas			
Item	Maceteros de tratamiento	Coordenadas	
		18 L	UTM
Puntos tratamiento	Dosis 01	300978	8672518
	Dosis 02	300978	8672518
	Dosis 03	300978	8672518
Preparación EM	Punto	299537.65	8672145.39

Anexo 4. Formato de campo para el etiquetado de muestra.


<u>MUESTRA DE SUELO PARA TESIS</u>	
CÓDIGO DE CAMPO: SCD-601	
LUGAR DE PROCEDENCIA: Lima -Lima -Ate Vitarte.	
UBICACIÓN DE MUESTREO: Ladera Del Establo Agropecuaria Villa Asís S.R.L. – Huaycan- Ate Vitarte.	
ANÁLISIS DE:	
<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización de suelo -pH, conductividad eléctrica, fósforo, potasio, CaCO₃ o acidez cambiante, % materia orgánica, Textura (% arena, % limo, % arcilla), CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) y Cationes Cambiables (calcio, magnesio, sodio, potasio). • Carbono orgánico del suelo. • Biomasa Microbiana 	
REMITE: DILMER ALEXANDER HURTADO DELGADO	
CONTACTO: 999977699	
CORREO: dilmerhurtado@upeu.edu.pe/dialhude1494@gmail.com	
Fecha de muestreo, 20 noviembre del 2018	

Figura 32. Formato de campo para etiquetado de muestra

Anexo 5. Informes de análisis iniciales del suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : DILMER ALEXANDER HURTADO DELGADO

Departamento : LIMA

Distrito : ATE - VITARTE

Referencia : H.R. 64910-129SC-18

Provincia : LIMA
 Predio :
 Fecha : 14/09/18

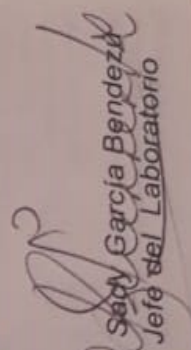

Bolt.: 1888

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E (1:1) dS/m	C _a CO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g					Suma de Bases	Suma de Cationes	%
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺ + H ⁺			
11570		7.52	10.15	0.80	1.71	33.4	1856	46	41	13	Fr.	11.52	5.46	2.07	2.96	1.03	0.00	11.52	11.52	100

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

Lab	Número de Muestra Claves	C	%
11570		0.99	

Carbono orgánico: Método de Walkley y Black o del Dicromato de Potasio, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio.

Sedy Garcia Bendeza
Jefe del Laboratorio

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

Figura 33. Análisis inicial de caracterización y parámetros químicos del suelo



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



**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO
RESPIRACIÓN Y BIOMASA MICROBIANA**

SOLICITANTE : DILMER ALEXANDER HURTADO DELGADO

MUESTRA DE : SUELO

PROCEDENCIA: LIMA/ LIMA/ ATE VITARTE

REFERENCIA : 64911

BOLETA : 1888

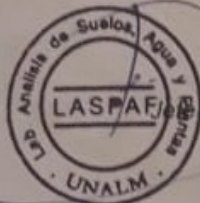
FECHA : 18/09/2018

Código de muestra	Código de campo	Humedad gravim (%)	Respiración microbiana	Biomasa microbiana
			mg CO ₂ / g suelo seco/ día	mg C/ g suelo seco
M194	SND-001	0.86	0.13	0.09

UFC : Unidad formadora de colonia

Metodología empleada:

- Fumigación con cloroformo.


Dr. Sady García Bendezi
Jefe de Laboratorio de Microbiología

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

Figura 34. Análisis inicial de parámetros biológicos del suelo

Anexo 6. Informes de análisis finales del suelo

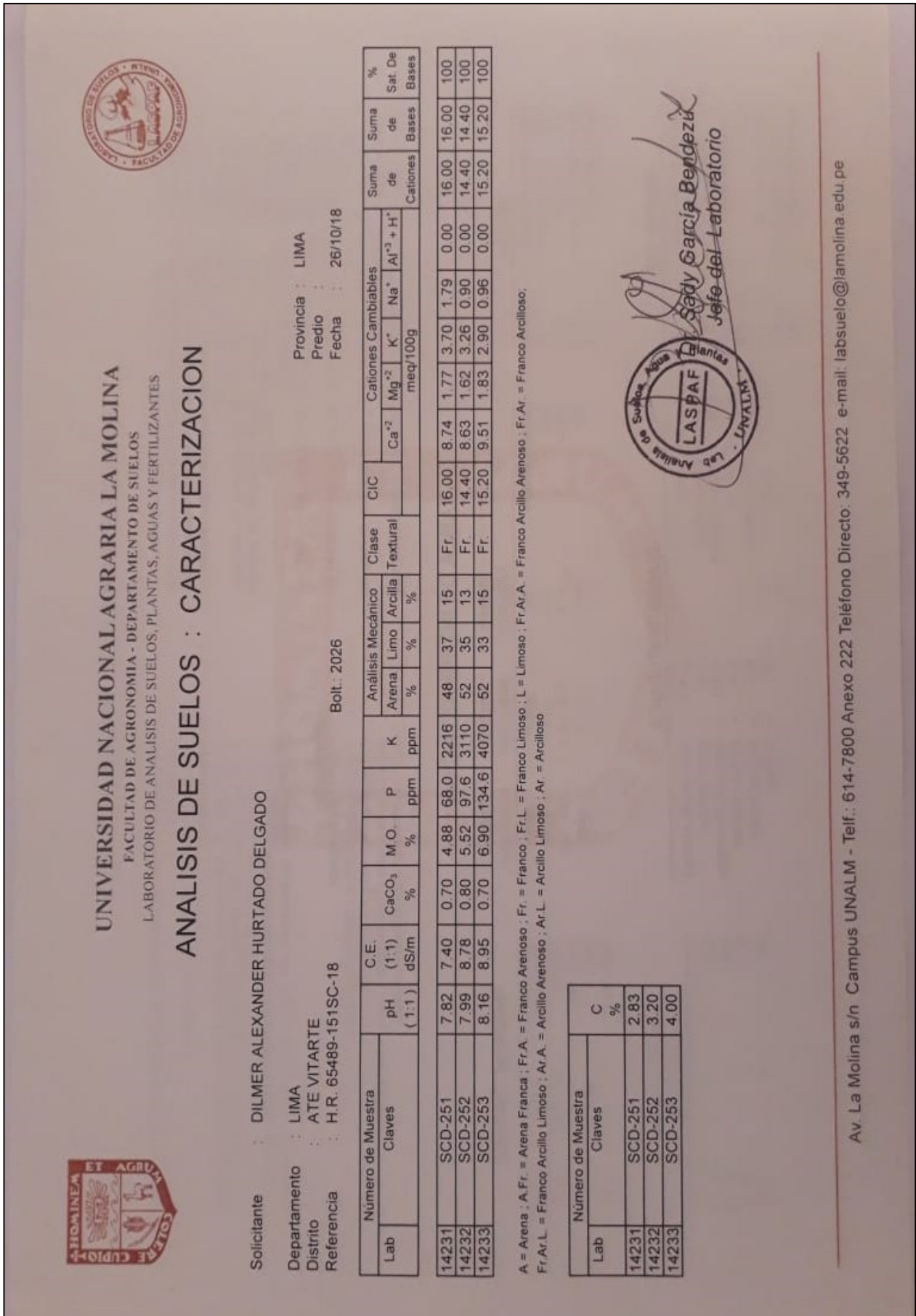


Figura 35. Análisis final de los parámetros químicos a los 25 días de tratamiento.



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



**ANALISIS MICROBIOLÓGICO
BIOMASA MICROBIANA**

SOLICITANTE : DILMER ALEXANDER HURTADO

MUESTRA DE : SUELO

PROCEDENCIA: LIMA/ LIMA/ ATE VITARTE

REFERENCIA : H.R. 65490

BOLETA : 2026

FECHA : 09/11/2018

Código de muestra	Código de campo	Humedad gravim (%)	Biomasa microbiana (mg C/g de suelo seco)	Respiración microbiana (mg CO ₂ /g de suelo seco)
M 307	SCD - 251	9.31	2.65	3.08
M 308	SCD - 252	11.84	2.86	3.33
M 309	SCD - 253	11.42	3.68	4.29

UFC : Unidad formadora de colonia



Sady García Bendejú
Dr. Sady García Bendejú
Jefe de Laboratorio de Microbiología

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

Figura 36. Análisis final de los parámetros biológicos a los 25 días de tratamiento



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



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : DILMER ALEANDER HURTADO DELGADO
 Departamento : LIMA
 Distrito : ATE VITARTE
 Referencia : H.R. 65743-163SC-18

Provincia : LIMA
 Predio :
 Fecha : 13/11/18

Bolt. 2095

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E (1:1) eSm	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	C/C	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases	
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺				Al ⁺³ + H ⁺
15083	SCD-451	8.20	10.94	0.80	4.62	70.7	2445	47	38	15	Fr.	13.12	6.34	2.30	3.09	1.39	0.00	13.12	13.12	100
15084	SCD-452	8.28	9.52	0.80	5.42	107.0	3810	51	34	15	Fr.	12.48	5.66	2.27	3.07	1.48	0.00	12.48	12.48	100
15085	SCD-453	8.20	8.75	0.90	5.98	151.6	4570	49	36	15	Fr.	14.40	7.68	2.57	2.58	1.57	0.00	14.40	14.40	100

A = Arena, A.Fi = Franco Arenoso, Fi = Franco, Fr.L = Franco Limoso, L = Limoso, Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso, Fr.Ar = Franco Arcilloso
 Fi.Ar.L = Franco Arcillo Limoso, Ar.A = Arcillo Arenoso, Ar.L = Arcillo Limoso, Ar = Arcilloso

Lab	Número de Muestra Claves	
	C	%
15083	SCD-451	2.68
15084	SCD-452	3.14
15085	SCD-453	3.47

Dr. Saúl García Benítez
 Jefe del Laboratorio

Figura 37. Análisis final de los parámetros químicos a los 45 días de tratamiento



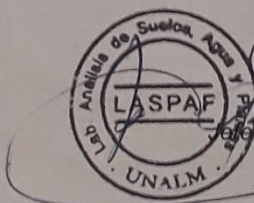
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO
POBLACIÓN Y BIOMASA MICROBIANA**

SOLICITANTE : DILMER ALEXANDER HURTADO DELGADO
MUESTRA DE : SUELO
PROCEDENCIA: LIMA/ LIMA/ ATE VITARTE
REFERENCIA : H.R. 65742
BOLETA : 2095
FECHA : 30/11/2018

Código de muestra	Código de campo	Humedad gravim (%)	Biomasa microbiana	Respiración microbiana
			mg C/ g suelo seco	mg CO ₂ / g suelo seco/ día
M 319	SCD-451	6.10	2.03	2.36
M 320	SCD-452	9.00	2.03	2.36
M 321	SCD-453	9.40	2.48	2.88


Dr. Sady García Bendezu
Jefe de Laboratorio de Microbiología

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

Figura 38. Análisis final de los parámetros biológicos a los 45 días de tratamiento



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



ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : DILMER ALEXANDER HURTADO DELGADO
 Departamento : LIMA
 Distrito : ATE VITARTE
 Referencia : H.R. 65989-168C-18

Provincia : LIMA
 Predio :
 Fecha : 27/11/18

Bolt : 2176

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	% Sat. De Bases		
								Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺				Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺
15425	SCD-601	8.15	9.02	0.80	5.45	84.6	2204	53	38	9	Fr.A.	14.72	7.44	2.08	3.58	1.61	0.00	14.72	14.72	100
15426	SCD-602	8.24	8.70	0.80	6.21	110.8	3270	53	36	11	Fr.A.	18.40	11.71	1.63	3.81	1.24	0.00	18.40	18.40	100
15427	SCD-603	8.20	9.66	0.90	7.10	141.3	4140	53	36	11	Fr.A.	16.96	9.76	2.25	3.76	1.18	0.00	16.96	16.96	100

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

Lab.	Número de Muestra Claves	C %
15426	SCD-602	3.60
15427	SCD-603	4.12

Sady Garcia Bendezu
 Jefe del Laboratorio

Figura 39. Análisis final de los parámetros biológicos a los 60 días de tratamiento



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



ANALISIS MICROBIOLÓGICO
POBLACIÓN Y BIOMASA MICROBIANA

SOLICITANTE : DILMER ALEXANDER HURTADO DELGADO

MUESTRA DE : SUELO

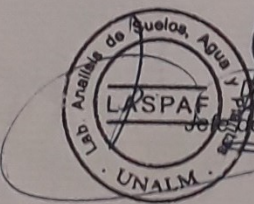
PROCEDENCIA: LIMA/ LIMA/ ATE VITARTE

REFERENCIA : H.R. 65988

BOLETA : 4015

FECHA : 30/11/2018

Código de muestra	Código de campo	Humedad gravim (%)	Biomasa microbiana	Respiración microbiana
			mg C/ g suelo seco	mg CO ₂ / g suelo seco/ día
M 331	SCD-603	26.48	2.77	3.22
M 332	SCD-601	21.46	1.38	1.61
M 333	SCD-602	23.38	2.35	2.73


Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio de Microbiología

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

Figura 40. Análisis final de los parámetros biológicos a los 60 días de tratamiento

Anexo 7. Métodos utilizados en el análisis del suelo

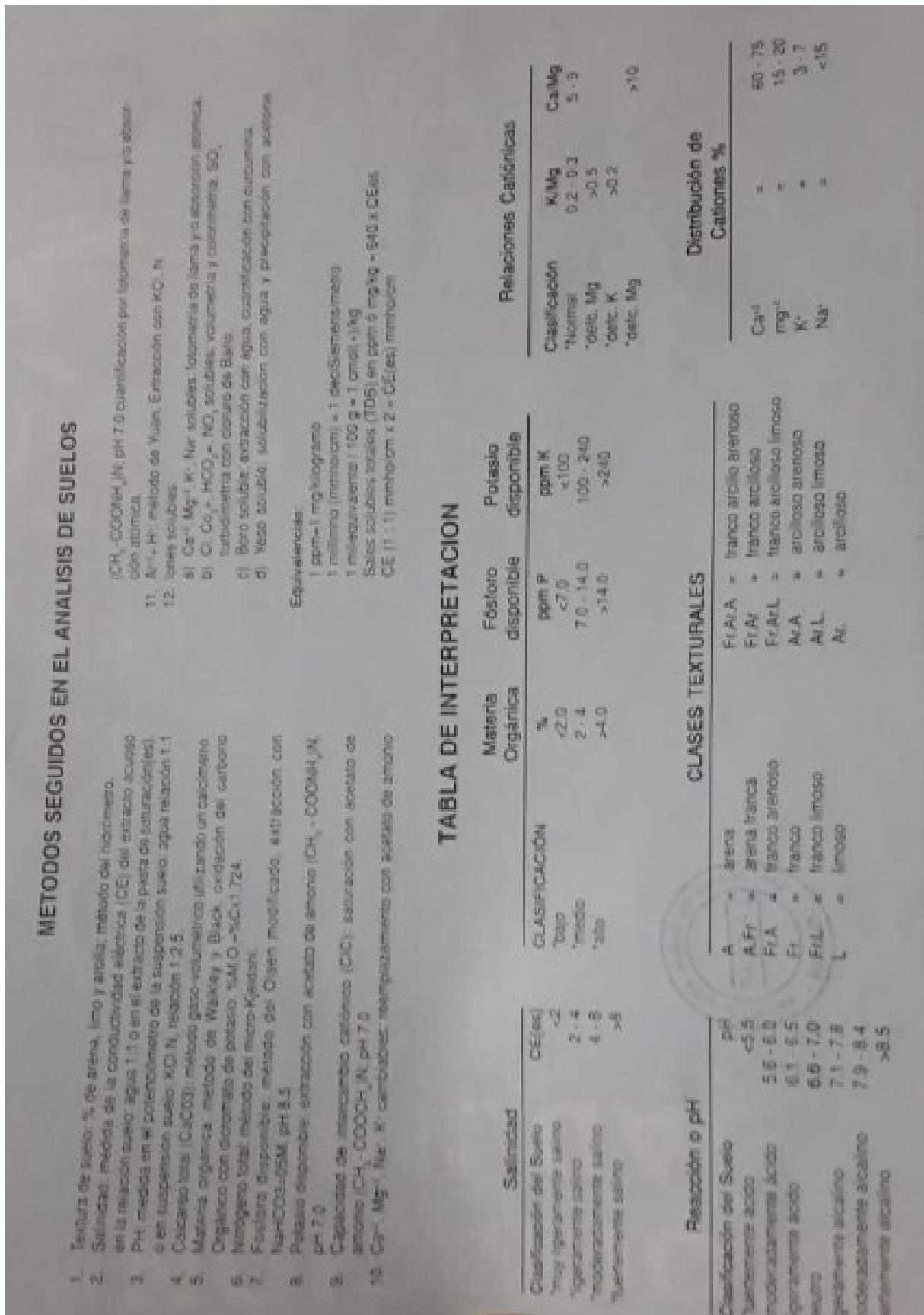


Figura 41. Métodos utilizados en análisis de LASPAF

Anexo 8. Muestreo inicial y finales, elaboración de maceteros, recojo y preparación de enmiendas orgánicas y seguimiento del estudio



Figura 42. Excavación de suelo, zarandeo de suelo y muestreo inicial



Figura 43. Preparación de maceteros y recojo de enmiendas orgánicas del almacenamiento temporal



Figura 44. Pesaje (dosis) de enmiendas organicas y mezclado de las mismas



Figura 45. Muestras finales del suelo y manejo de GPS en los puntos de tratamiento



Figura 46. Seguimiento del estudio de investigación

Anexo 9. Especies vegetales tolerantes que podrían ser utilizados de acuerdo a los resultados finales de CE

Especie vegetales	CE Limite (dS/m) en relación al porcentaje de disminución de rendimiento			Tipo de tolerancia
	10%	25%	50%	
Árboles Frutales				
Higuera	3.8	5.5	8.4	Moderadamente Sensible
Olivo	3.8	5.5	8.4	Moderadamente Sensible
Granado	3.8	5.5	8.4	Moderadamente Sensible
Cultivos hortícolas				
Remolacha Azucarera	8.7	11	15	Tolerante
Melón	3.6	5.7	9.1	Moderadamente Sensible
Tómate	3.5	5	7.6	Moderadamente Sensible
Cultivos extensivos				
Cebada	10	13	18	Tolerante
Algodón	8	9.2	11.5	Tolerante
Trigo				Moderadamente Sensible
Sorgo				Moderadamente Sensible
Forrajes				
Cynodon dactilon	8.5	10.8	14.7	Tolerante
Alfalfa	3.4	5.4	8.8	Moderadamente Sensible