

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Eficiencia de las enmiendas orgánicas en la recuperación de suelos salinos en el distrito de San Vicente De Cañete – Lima

Por:

Nixso Casas Fustamante

Ariana Fatima Galvan Rivas

Asesores:

Ing. MSc. Natalí Carbo Bustinza

Lic. Gina Marita Tito Tolentino

Lima, Mayo del 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Yo MSc. Natalí Carbo Bustinza,

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **"EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS EN EL DISTRITO DE SAN VICENTE DE CAÑETE- LIMA"** constituye la memoria que presentan los **Bachiller (es) Nixso Casas Fustamante y Ariana Fatima Galvan Rivas** para aspirar el título de profesional de Ingeniero Ambiental ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección. Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 08 de mayo del año 2019



MSc. Natalí Carbo Bustinza

Eficiencia de las enmiendas orgánicas en la recuperación de suelos salinos en el distrito de San Vicente de Cañete- Lima

TESIS

Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR


Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez
Presidenta


Mg. Joel Hugo Fernández Rojas
Secretario


Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga
Vocal


Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio
Vocal


MSc. Natalí Carbo Bustinza
Asesora

Lima, 08 de mayo de 2019

Dedicatoria

Dios Gracias por mis padres Nicolás Casas y Angelina Fustamante, quienes cada día luchan para brindarme su mejor apoyo y poder alcanzar mis objetivos. A mis cuatro hermanos, Globber, Noemi, Roxana y Ana; quienes son las personas que me impulsan, a que cada día pueda avanzar y ser un mejor profesional. A mi tío José Casas quien me brindo siempre su apoyo en todo momento y a todos los profesionales que durante los 5 años nos guiaron con sus conocimientos.

Nixso Casas Fustamante

A Dios, aunque me aleje de él, cayendo muchas veces; me ayudo y permitió levantarme; por su inmenso amor y misericordia, que me permitieron llegar hasta este momento. Agradecida con mi madre, por su perseverancia en encaminar mi vida, a mis amigos sinceros y a mi hijo Iker, que con su ternurita llena mi corazón.

Ariana Fatima Galvan Rivas

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios, por ser quien nos guía cada día y nos otorga las fuerzas necesarias para continuar y poder cumplir un objetivo más en nuestras vidas.

Gratitud a nuestros padres y familiares, quienes incondicionalmente nos apoyaron en todos los aspectos; a Elvis una de las personas que deposito su confianza y su apoyo en todo el proceso y que nos permitió seguir adelante.

Un agradecimiento muy especial a la Ing. MSc. Carbo Bustinza Natalí y a la Lic. Tito Tolentino Gina Marita quienes fueron nuestros asesores y siempre nos mostraron su apoyo en todo momento, desde el proyecto hasta el trayecto final. Mil gracias por ser esas personas sabias y por su amistad.

De la misma manera, a los docentes Jackson Pérez Carpio, Milda Cruz Huaranga y Noe Pampa Quispe gracias por su apoyo, su tiempo, dedicación y motivación en cada momento.

A nuestros amigos Richar Cayo, Santos Llicahua, Edward Asto, Yoxmara Vásquez, Raquel Cabrera, Claudia Montalvo, Jhonatan Leiva, Mariana Briones, Jorge Rivas, Ruth Amones, Mirella Barja, Estefani Inga, Miguel Lujan, Rosalinda Palma y Andrés López, que durante la etapa de la universidad nos conocimos, gracias por compartir hermosos y tristes momentos. Asimismo a todas las personas que mostraron su apoyo incondicional y por siempre, gracias por sus palabras de ánimo y motivación en cada momento.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xiii
CAPITULO I	15
INTRODUCCIÓN	15
1.1. Identificación del Problema -----	15
1.2. Justificación de la Investigación -----	17
1.3. Objetivo General -----	18
1.3.1. Objetivos Específicos -----	19
CAPÍTULO II	20
REVISIÓN DE LITERATURA	20
2.1. Antecedentes -----	20
2.2. Salinidad del suelo -----	22
2.2.1. Suelos salinos -----	23
2.2.2. Suelos Sódicos -----	23
2.2.3. Suelos Salinos - Sódicos-----	23
2.3. Salinidad en el Mundo -----	24
2.4. Salinidad en América Latina y el Caribe -----	24
2.5. Salinidad en el Perú -----	25
2.6. Fuentes de salinidad -----	27
2.7. Salinidad y sus efectos en las plantas -----	28
2.8. Técnicas de Remediación -----	32
2.8.1. Lavado de sales -----	32
2.8.2. Enmiendas de sulfato cálcico -----	32
2.8.3. Enmiendas de azufre -----	33
2.8.4. Especies vegetales resistentes a la salinidad-----	33
2.8.5. Enmiendas orgánicas -----	34
2.9. Efecto físico, químico y biológico de las enmiendas orgánicas en los suelos salinos	35

CAPÍTULO III.....	38
MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. Lugar de ejecución -----	38
3.2. Descripción de la parcela -----	40
3.3. Muestreo y análisis de los parámetros del suelo pre - tratamiento	41
3.4. Diseño y construcción de las parcelas experimentales. -----	43
3.5. Adquisición de las enmiendas orgánicas -----	44
3.6. Dosis aplicada a los tratamientos -----	44
3.7. Variables de estudio -----	45
3.7.1. Variable independiente -----	45
3.7.2. Variables dependientes-----	45
3.8. Matriz de consistencia-----	47
3.9. Análisis estadístico -----	48
CAPITULO IV.....	51
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	51
4.1. Caracterización Inicial del suelo. -----	51
4.2. Caracterización de las Enmiendas Orgánicas Aplicadas -----	52
4.3. Análisis de los resultados obtenidos Post - Tratamiento-----	53
4.3.1. Influencia del Humus en el suelo-----	53
4.3.2. Influencia del Compost en el suelo -----	54
4.3.3. Influencia del Compost más Humus en el suelo -----	57
4.3.4. Influencia del guano de caballo en el suelo -----	59
4.3.5. Influencia del humus más guano de caballo en el suelo -----	61
4.3.6. Influencia del compost más guano de caballo en el suelo -----	62
4.4. Análisis estadístico de la influencia de las enmiendas orgánicas en la salinidad del suelo -----	64
CAPITULO V.....	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93

5.1. Conclusiones	93
5.2. Recomendaciones	94
REFERENCIAS	95
ANEXOS	114

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Clasificación, extensión y por ciento aproximado de los suelos del valle de Cañete</i>	27
<i>Tabla 2. Resistencia de la salinidad en algunas leguminosas y gramíneas estudiadas (Borroto et al, 1997)</i>	34
<i>Tabla 3. Materiales y Herramientas para la toma de muestras.</i>	41
<i>Tabla 4. Dosis aplicada a cada uno de los tratamientos</i>	45
<i>Tabla 5. Eficiencia de las enmiendas orgánicas en la disminución de la salinidad de los suelos agrícolas, en el Distrito de San Vicente de Cañete – Lima</i>	47
<i>Tabla 6. Análisis de Caracterización del suelo Pre-Tratamiento</i>	51
<i>Tabla 7. Análisis de Caracterización de Enmiendas Orgánica</i>	52
<i>Tabla 8. Resultados obtenidos del Tratamiento 1 (100% Humus)</i>	54
<i>Tabla 9. Resultados obtenidos del Tratamiento 2 (100% Compost)</i>	56
<i>Tabla 10. Resultados obtenidos del Tratamiento 3 (50% Compost y 50% Humus)</i>	58
<i>Tabla 11. Resultados obtenidos del Tratamiento 4 (100% Guano)</i>	60
<i>Tabla 12. Resultados obtenidos del Tratamiento 5 (50% Humus y 50% Guano)</i>	62
<i>Tabla 13. Resultados obtenidos del Tratamiento 6 (50% Compost y 50% Guano)</i>	63

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa de afectación de suelos por la salinidad (Wicke et al., 2011)</i>	24
<i>Figura 2. Contenido de sales en América Latina y el Caribe</i>	25
<i>Figura 3. Efecto de la salinidad sobre las plantas (Lutenberg & Mashav, 2012)</i>	29
<i>Figura 4. Efecto de las sales en las raíces de las plantas (Lutenberg & Mashav, 2012)</i> ..	30
<i>Figura 5. Efecto del Ion específico o Toxicidad Iónica (Botella, 2017)</i>	30
<i>Figura 6. Efecto Osmótico o Déficit Hídrico (Botella, 2017)</i>	31
<i>Figura 7. Mapa de Ubicación de la zona de estudio</i>	39
<i>Figura 8. Descripción de la zona</i>	40
<i>Figura 9. Diseño y Construcción de las parcelas experimentales</i>	44
<i>Figura 10. Espacio de los factores restringidos para mezclas con $p = 3$ componentes.</i> ...	48
<i>Figura 11. Diseño Simplex reticular.</i>	49
<i>Figura 12. Gráfico de superficie de respuesta de la Conductividad Eléctrica del suelo.</i> ...	65
<i>Figura 13. Gráfico de contorno de la Conductividad Eléctrica del suelo.</i>	65
<i>Figura 14. Diagrama de Pareto para la Conductividad Eléctrica del suelo.</i>	66
<i>Figura 15. Gráfico de superficie de respuesta de potencial de hidrógeno del suelo.</i>	67
<i>Figura 16. Gráfico de contorno del potencial de hidrógeno del suelo.</i>	68
<i>Figura 17. Diagrama de Pareto para el potencial de hidrógeno del suelo</i>	68
<i>Figura 18. Gráfico de superficie de respuesta de materia orgánica del suelo.</i>	70
<i>Figura 19. Gráfico de contorno de materia orgánica del suelo.</i>	70
<i>Figura 20. Diagrama de Pareto para la materia orgánica</i>	71
<i>Figura 21. Gráfico de superficie de respuesta de contenido de fósforo en el suelo.</i>	73
<i>Figura 22. Gráfico de contorno del contenido de fósforo en el suelo.</i>	73
<i>Figura 23. Diagrama de Pareto del contenido de Fósforo en el suelo.</i>	74
<i>Figura 24. Gráfico de superficie de respuesta del contenido de potasio en el suelo.</i>	75
<i>Figura 25. Gráfico de contorno del contenido de potasio en el suelo</i>	76
<i>Figura 26. Diagrama de Pareto del contenido de potasio en el suelo</i>	76

<i>Figura 27. Gráfico de superficie de respuesta de Carbonato de calcio en el suelo.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 28. Gráfico de contorno de Carbonato de calcio en el suelo</i>	<i>78</i>
<i>Figura 29. Diagrama de Pareto del contenido de carbonato de calcio.</i>	<i>79</i>
<i>Figura 30. Gráfico de superficie de respuesta de la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.</i>	<i>80</i>
<i>Figura 31. Gráfico de contorno de la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.</i>	<i>80</i>
<i>Figura 32. Diagrama de Pareto de la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 33. Gráfico de superficie de respuesta del contenido de calcio en el suelo.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 34. Gráfico de contorno del contenido de calcio en el suelo.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 35. Diagrama de Pareto del contenido de calcio en el suelo.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 36. Gráfico de superficie de respuesta del contenido de magnesio en el suelo.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 37. Gráfico de contorno del contenido de magnesio en el suelo.</i>	<i>85</i>
<i>Figura 38. Diagrama de Pareto del contenido de magnesio en el suelo.</i>	<i>85</i>
<i>Figura 39. Gráfico de superficie de respuesta del contenido de sodio en el suelo.</i>	<i>87</i>
<i>Figura 40. Gráfico de contorno del contenido de sodio en el suelo.</i>	<i>87</i>
<i>Figura 41. Diagrama de Pareto del Contenido de sodio del suelo.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 42. Gráfico de superficie de respuesta del contenido del ion potasio en el suelo.</i>	<i>89</i>
<i>Figura 43. Gráfico de contorno del contenido del ion potasio en el suelo.</i>	<i>89</i>
<i>Figura 44. Diagrama de Pareto del ion potasio en el suelo.</i>	<i>90</i>
<i>Figura 45. Gráfico de superficie de respuesta del PSI en el suelo.</i>	<i>91</i>
<i>Figura 46. Gráfico de contorno del PSI en el suelo.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 47. Diagrama de Pareto del PSI en el suelo.</i>	<i>92</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Toma de muestras Pre – Tratamiento.....</i>	<i>114</i>
<i>Anexo 2. Diseño de las parcelas experimentales.....</i>	<i>115</i>
<i>Anexo 3. Limpieza y Construcción de las Parcelas Experimentales.....</i>	<i>116</i>
<i>Anexo 4. Adquisición de las enmiendas orgánicas (UNALAM)</i>	<i>117</i>
<i>Anexo 5. Toma de muestras de las enmiendas orgánicas</i>	<i>118</i>
<i>Anexo 6. Aplicación de las enmiendas orgánicas a cada tratamiento</i>	<i>118</i>
<i>Anexo 7. Drenaje de las Parcelas para la escorrentía del agua</i>	<i>121</i>
<i>Anexo 8. Toma de las muestras Post - Tratamiento</i>	<i>122</i>
<i>Anexo 9. Resultados de los análisis Pre – Tratamiento</i>	<i>123</i>
<i>Anexo 10. Resultados de los análisis de las enmiendas orgánicas.....</i>	<i>125</i>
<i>Anexo 11. Resultados de los Análisis Post-Tratamiento</i>	<i>131</i>
<i>Anexo 12. Resultados de análisis de agua</i>	<i>143</i>

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el propósito de determinar la eficiencia de las enmiendas orgánicas en la recuperación de suelos salinos. La misma que consistió en las siguientes etapas: caracterización de los suelos salinos, diseño y construcción de las parcelas experimentales, caracterización de las enmiendas orgánicas aplicadas y análisis de los resultados obtenidos mediante el Diseño Experimental de Mezclas, utilizando el programa de Statistica. El estudio realizado a partir de los resultados demostró la existencia de diferencias significativas ($p < 0.05$) en los parámetros analizados (CE, pH, MO, P, K, CaCO_3 , CIC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ y PSI). El pH del suelo logró alcanzar el rango de un suelo normal (6.5 – 7.5), el PSI llegó a reducir a 0.55%, el CaCO_3 osciló dentro del rango de un suelo normal (<20%), la CIC aumentó su nivel hasta 29.92 Cmol/Kg, el Ca^{2+} ascendió a 20.40 Cmol/Kg, el Mg^{2+} incrementó a 4.39 Cmol/Kg, el Na^+ 0.35 Cmol/Kg, finalmente la MO, P y K aumentaron hasta alcanzar un nivel alto en el suelo. A diferencia de la CE que aumentó en todos los tratamientos, lo cual se esperaba que esta disminuyera. Sin embargo, el Diseño de mezclas nos permitió definir que si realizamos combinaciones de 25% de humus y 75% de guano el nivel de CE disminuiría hasta valores de un suelo normal.

Palabras claves: Suelos Salino, Enmiendas orgánicas, Diseño de Mezclas, Eficiencia de recuperación.

ABSTRACT

The present investigation was developed with the purpose of determining the efficiency of the organic amendments in the recovery of saline soils. It consisted of the following stages: characterization of saline soils, design and construction of the experimental plots, characterization of the applied organic amendments and analysis of the results obtained through the Experimental Design of Mixtures, using the Statistica program. The study conducted from the results showed the existence of significant differences ($p < 0.05$) in the parameters analyzed (EC, pH, MO, P, K, CaCO_3 , CEC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ and PSI). The pH of the soil managed to reach the range of a normal soil (6.5 - 7.5), the PSI came to reduce to 0.55%, the CaCO_3 oscillated within the range of a normal soil (<20%), the CIC increased its level to 29.92 Cmol/Kg, the Ca^{2+} amounted to 20.40 Cmol/Kg, the Mg^{2+} increased to 4.39 Cmol/Kg, the Na^+ 0.35 Cmol/Kg, finally the MO, P and K increased until reaching a high level in soil. Unlike the EC that increased in all treatments, which was expected to decrease; however, the design of mixtures allowed us to define that if we make combinations of 25% of humus and 75% of guano, the level of EC would decrease until it even reaches that of a normal soil.

Keywords: Saline soils, organic amendments, mix design, recovery efficiency.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del Problema

El suelo, recurso natural no renovable, es la base para la producción de alimentos y materia prima de los cuales depende la comunidad mundial (Burbano-Orjuela, 2016).

A nivel mundial se ha puesto de manifiesto, la gran preocupación por parte del sector agrario, debido a las amenazas generadas en los suelos agrícolas. En la actualidad el 33 % de estos están considerados de moderado a altamente degradado, encontrándose entre las principales causas: la erosión, salinización, compactación, acidificación y la contaminación química (Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura [FAO], 2016). Además, América Latina y el Caribe, se han visto perjudicado por uno o más procesos de degradación, se estima que de 576 millones de hectáreas con potencial agrícola, el 74% está en Mesoamérica y el 45% en América del Sur (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2010).

De 128.5 millones de hectáreas que posee el Perú, el 99% padece algún tipo de degradación de suelo, detallando que el 26.8% (34, 384,796 Has) de la superficie tiene problemas de desertificación y el 0.24% (306.70 Has) de salinización; este último encontrándose ubicado únicamente la región Costa (Ministerio de agricultura y riego (MINAGRI) & Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI), 2016).

Según el INADE (2010), la provincia de Cañete de toda su superficie de suelos con la que cuenta para el desarrollo de la agricultura, alrededor de 4060 hectáreas se encuentran totalmente afectados por la salinidad y mal drenaje (Citado por Ramirez, 2016).

La salinidad del suelo es una característica natural, mientras que la salinización del suelo es principalmente un proceso inducido por el hombre (Metternicht & Zinck, 2009). Son los ecosistemas de tierras áridas, semiáridas, quienes presentan problema de salinidad, limitando su fertilidad química y facilitando la incidencia de los procesos de desertificación (Arbelo, Mora, Rodríguez, Guerra, & Armas, 2006).

La salinidad se define como la acumulación de sal soluble en la superficie del suelo (Kapur et al., 2010). Por otro lado, Rengasamy (2014) señala como aquel aglomerado de sales solubles en agua, presente en las capas del suelo, a un nivel tal, que afecta negativamente la producción de cultivos, la salud ambiental y el bienestar económico.

Metternicht y Zinck (2009) consideran que la salinidad está controlada por un conjunto de factores relacionados con las condiciones ambientales (clima, hidrología), sistemas de suministro y control de agua (riego, drenaje) y prácticas de cultivo (tipo y densidad de la cubierta de la planta y características de enraizamiento), donde los mismos afectan el equilibrio suelo - agua, por lo tanto, el movimiento y la acumulación de sales en el suelo. A su vez Kahlowm y Azam (2002); Barrett-Lennard (2003) señalan que la salinidad es un factor importante que restringe el desarrollo sostenible del sector agrario.

Leidi y Pardo (2002) mencionan que si se sigue incrementando la salinidad de suelos en el mundo se generarían múltiples necesidades como: falta de producción agrícola, desertificación, entre otros. Un efecto evidente de un suelo salino es la reducción en la capacidad de absorción de agua en las plantas y esto se manifiesta en la expansión foliar donde la planta trata de equilibrar su potencial hídrico perdiendo agua. Al respecto, García y Jáuregui (2008) manifiestan que la salinidad de los suelos afecta directamente a los cultivos debido a que la mayoría de estos son sensibles a estas condiciones.

Rehabilitar un suelo salino es una tarea compleja y difícil de abordar. Ésta implica eliminar la influencia negativa de iones salinos que interactúan en la zona de influencia de las raíces de las plantas (Serrato, Ortíz, Dimas, & Berúmen, 2002). Existen diferentes investigaciones, que buscan recuperar los suelos con problemas de sales o sodio intercambiable. El método más utilizado es el lavado de las sales solubles con agua de baja salinidad, que consiste básicamente en, aplicar una lámina grande de agua para disolver las sales y removerlas de la zona radical del cultivo (Serrato et al., 2002).

Zuñiga, Osorio, Cuero, y Peña (2011) evaluaron la recuperación de suelos salinos utilizando diferentes tecnologías como: biofertilizantes, convencional, biopolímeros y electromagnetismo, llegando a obtener resultados más efectivos en los tratamientos con uso de microorganismos. Por otro lado; Yupeng, Yufei, Zhang, Yanmeng, y Zhenjun (2017); Zhang et al., (2015) estimaron la restauración mediante el uso de diferentes enmiendas orgánicas, logrando mejorar el estado nutricional del suelo. Sin embargo, estas podrían requerir de diferentes estrategias para remediar los suelos salinos a largo plazo. Además en el ámbito nacional, especialmente en la costa las investigaciones con el uso de enmiendas orgánicas son muy escasa.

Por ello surge la necesidad de investigar ¿En qué medida la aplicación de enmiendas orgánicas disminuirá la salinidad de los suelos agrícolas en una finca, del Distrito de San Vicente de Cañete – Provincia Lima?

1.2. Justificación de la Investigación

Hoy en día, la salinidad es un tema de preocupación nacional. En la costa peruana, se ha convertido en un factor limitante para el desarrollo proyectos agrícolas; debido a que esta tiende a degradar la calidad del suelo; en la mayoría de los casos estos suelos son abandonados, generando pérdidas económicas en la población (Ramirez, 2016). El Perú ha

mostrado gran preocupación ante esta situación, por ello el Ministerio del Ambiente en su agenda de investigación ambiental para los años 2013 – 2021, está buscando el desarrollo de tecnologías que permitan recuperar a estos suelos que han sido degradados.

Es conveniente estudiar los diferentes métodos de tratamiento que permitan recuperar los suelos degradados por la salinidad; de tal manera que se incremente la seguridad alimentaria en el país y el mundo. Además, es necesario implementar métodos que contribuya a la conservación de los suelos y las buenas prácticas agrícolas. Favoreciendo a los agricultores que cuentan con escasos recursos económicos.

En nuestro país existen alrededor de 306.000 hectáreas de suelos afectados por la salinidad (MINAGRI & SENAMHI, 2016). Es por tanto una obligación para un ingeniero ambiental desarrollar o proponer métodos de recuperación que sean económicamente viables y sostenibles con el paso del tiempo, de tal forma que sean los agricultores las personas más favorecidas y menos afectadas.

Frente a esto el presente trabajo intenta proponer tratamientos económicos, mediante la aplicación de enmiendas orgánicas, mostrando dosis que se puedan aplicar, y a la vez, que estas permitan que otras personas continúen investigando diferentes tecnologías viables, que permitan recuperar los suelos degradados por la salinidad, además mejorar la producción agrícola.

1.3. Objetivo General

- Evaluar la eficiencia de las enmiendas orgánicas en la disminución de la salinidad (CE, pH, CIC (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), P, K, MO y CaCO_3) de los suelos agrícolas en el Distrito de San Vicente de Cañete – Lima.

1.3.1. Objetivos Específicos

- ❖ Diseñar y construir las parcelas experimentales.
- ❖ Determinar las propiedades fisicoquímicas del compost, humus y guano de caballo.
- ❖ Optimizar las dosis de las enmiendas orgánicas aplicando el diseño experimental de mezclas.
- ❖ Comparar los parámetros optimizados entre el pre y el tratamiento óptimo

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Singh, Parkash, y Singh, (2017) utilizaron enmiendas orgánicas entre ellos biochar, paja de arroz, estiércol de corral y glucosa, a dos velocidades 1% y 2.5% en base del carbono; esta investigación se realizó mediante un experimento de incubación de suelos irrigados con diferentes niveles de agua salina: 1) agua de riego no salina (agua normal, CE 0 dS m⁻¹); 2) agua salina con CE 6 dS m⁻¹ ; y 3) con CE 12 dS m⁻¹; los resultados muestran que las enmiendas orgánicas fácilmente degradables (biochar) funcionan mejor para actividad microbiana por soportar bajos potenciales osmóticos.

Gupta, Srivastava, Shikha, Niranjana, y Tewari, (2016) en una investigación realizada, con el objetivo de recuperar un suelo sódico, realizó un experimento de cuatro tratamientos: control, aplicación con yeso, uso de enmienda bioaumentada (Vermicompost) y una combinación de yeso con la enmienda bioaumentada. Este estudio llegó a obtener mejores resultados en el tratamiento, donde se aplicó la enmienda orgánica en combinación con el yeso; alcanzando reducir el pH a 7.8, conductividad eléctrica a 0.129 ds/m, capacidad de retención de agua aumentó a un 64.3%, carbono orgánico total a 4.9 g/kg, nitrógeno disponible 4.9 g/kg, fósforo disponible 112.9 mg/kg, potasio disponible 341,3 mg/kg; además el porcentaje de sodio intercambiable disminuyó a 10.2%. El segundo tratamiento que mostró mejores resultados fue el tratamiento donde se aplicó solo la enmienda orgánica bioaumentada, en comparación con la anterior en este tratamiento no se logró reducir el porcentaje de sodio intercambiable donde se obtuvo un 21.8 %; sin embargo, en comparación al tratamiento control este alcanzó una buena reducción.

Por otro lado Meena et al., (2016) evaluó el cambio de las propiedades químicas y biológicas de un suelo salino, mediante la aplicación de dos tipos de compost: uno obtenido

de paja de arroz y el otro a partir de residuos orgánicos municipales; además, aplicó tratamientos combinando a cada compost con fertilizantes químicos en diferentes concentraciones, en este estudio demostró que la adición de compost solo o en combinaciones, aumenta la actividad microbiana del suelo y la disponibilidad de nutrientes.

Asimismo, Mogollón, Martínez, & Torres, (2015) evaluó el efecto del vermicompost sobre las propiedades de un suelo salino-sódico, aplicando tres tratamientos de: 1%, 5% y 10% y doce repeticiones, evaluando las variables (pH, CE, cationes cambiabes, PSI), la adición de este producto orgánico demostró mayor eficiencia en el tratamiento que se le aplicó una dosis de 10% a los 28 días de incubación, la CE se redujo a 1.33 dS/m con respecto al valor promedio inicial (3.48 dS/m), el pH inicial en del suelo (8.30) se redujo a 7.5, el PSI de 67.17% a 33.27%, mientras que el sodio intercambiable (Na^+) disminuyó en 47 %. Demostrando que este producto orgánico es una buena estrategia en la recuperación integral de suelos salinos-sódicos.

Otras de las enmiendas orgánicas utilizadas en la recuperación de suelos salinos es el compost de estiércol de aves de corral. Lashari et al., (2013) evaluó el efecto de esta enmienda sobre la calidad del suelo y el rendimiento de trigo de una tierra de cultivo estresada por sal; donde alcanzó reducir entre algunos parámetros se resalta el pH a 7.69; además aumentó el nitrógeno total a 0.94 g/kg, potasio disponible 0.67 g/kg y fósforo 67.59 mg/kg. Llegando a disminuir y mejorar significativamente las condiciones físicas y químicas del suelo.

Singh, Singh, y Tuli, (2013), evaluaron la recuperación de un suelo sódico, mediante el cultivo de la planta *Jatropha curcas*, el estudio se dio seguimiento durante seis años, los resultados obtenidos en la parcela de estudio mostraron una recuperación en las propiedades del suelo, disminuyendo la densidad aparente, conductividad eléctrica, el pH y el porcentaje

de sodio intercambiable. En cuanto al carbono orgánico del suelo, nitrógeno, fósforo, biomasa microbiana y actividades enzimáticas aumentaron significativamente después del cultivo.

2.2. Salinidad del suelo

La salinidad del suelo es la acumulación de sales más solubles que el sulfato de calcio, por lo general estas son: cloruro, sulfatos, magnesio, sodio, potasio, calcio, carbonato y bicarbonato (Layne, Méndez, & Mayz, 2008). Por otro lado, Flores et al., (1996) menciona que la salinidad es la acumulación de sales en menor o mayor grado, que afecta directamente en la fertilidad de un suelo; teniendo como causas principales procesos naturales y antrópicos. Este grupo de suelos incluyen a aquellos que contienen sales solubles o sus iones al menos en uno de sus horizontes presenta cantidades que están por encima del umbral de toxicidad que suprime el crecimiento de las plantas (Vargas, Pankova, Balyuk, Krasilnikov, & Khasankhanova, 2018). La elevada concentración de sales repercute sobre la vegetación aumentando la presión osmótica en la solución del suelo, impidiendo la entrada de iones nutritivos y en consecuencia la nutrición de las plantas (Porta, López, & Roquero, 2003); (Martínez, López, Basurto, & Pérez, 2011).

Además, es un proceso de degradación química con diversa magnitud, variable en el tiempo y espacio, afectando las propiedades físicas del suelo (Giron et al., 2009). Problema que se va incrementando de manera gradual en zonas áridas y semiáridas del mundo, influenciando como factor limitante no solo en la agricultura sino también para la ganadería (Taleisnik, Grunberg, & Santa María, 2008); (Giron et al., 2009). Yokoi, Bressan, y Hasegawa, (2002); Paranychianakis y Chartzoulakis, (2005) resaltan que la salinidad reduce la productividad de los suelos, limitando la producción de alimentos, a su vez aumentando la infertilidad de las tierras.

Para realizar un diagnóstico de afectación de un suelo por salinidad, tenemos indicadores químicos que han sido utilizados a nivel global siendo: conductividad eléctrica, porcentaje de sodio intercambiable y potencial de hidrógeno (Kochba, Ritvo, & Avnimelech, 2004); (Mueller, Mijatovic, Sears, Pusuluri, & Stombaugh, 2004); (Richards, 1982); estos parámetros dividen a los suelos afectados por salinidad en tres grupos

2.2.1. Suelos salinos

Se llama suelos salinos cuando se presenta una alta concentración de sales, predominado el calcio (Aguilar, 2013). Por otro lado Fassbender y Bornemisza, (1987) definen como aquellos suelos que contienen suficiente sal soluble que reducen la productividad y no son alcalinos; es decir, suelos que presentan un pH que no es igual ni superior a 8.5, además la solución saturada de los suelos salinos tienen una presión osmótica mayor que 1.5 bar.

2.2.2. Suelos Sódicos

Los suelos sódicos presentan una alta concentración de sodio, siendo estos más difíciles de recuperar y causando una mayor degradación de los suelos, además las altas concentraciones de sodio disminuyen la permeabilidad, generando una gran dificultad para el lavado del suelo (Aguilar, 2013). Núñez, (1981) menciona que las concentraciones de sodio que presentan estos suelos causan la dispersión de la materia orgánica en la superficie, originando colores oscuros dejando condiciones físicas altamente desfavorables.

2.2.3. Suelos Salinos - Sódicos

Los suelos salinos-sódicos contienen altas concentraciones de porcentaje de sodio intercambiable, lo cual interfiere en el crecimiento de los cultivos, además contienen igualmente cantidades perjudiciales de sales solubles; sus propiedades físicas son menos problemáticas que los de los suelos sódicos, debido al efecto coagulante de las sales

presentes, estos presentan una apariencia similar a los suelos salinos (Fassbender & Bornemisza, 1987).

2.3. Salinidad en el Mundo

La última estimación más reciente sobre la salinidad del suelo en el mundo, fue presentado por Wicke et al., (2011), donde mencionan que de un total de 1128 millones de hectáreas de suelos; el 60% representa a suelos salinos, el 26% son suelos sódicos y 14% son salinos – sódicos. Dicha distribución se detalla en la figura 1.

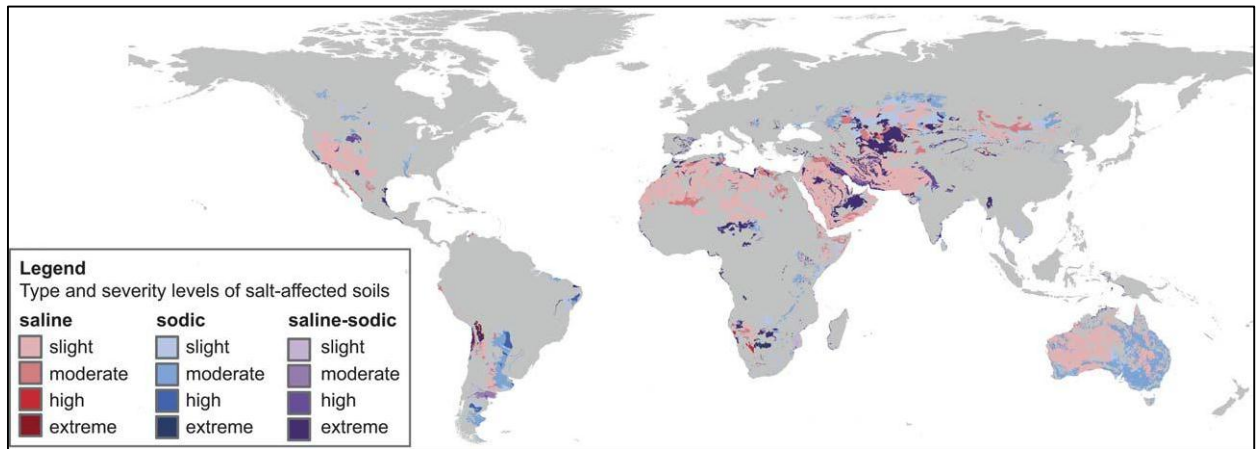


Figura 1. Mapa de afectación de suelos por la salinidad (Wicke et al., 2011)

2.4. Salinidad en América Latina y el Caribe

En la figura 2, se muestra el contenido de sales en los suelos de América Latina y el Caribe (LAC). De los cuales, por ejemplo en Colombia, se estima que la salinización ha provocado que el 17% (193.510 km²) del territorio, este desertificado; de la misma manera, el 15% de superficie agrícola de Cubana, ha sido perjudicada por la salinización. Por otro lado, todos los países de América Latina presentan degradación de suelos, ya sea, de manera considerable o en menor extensión; de los cuales, la salinización representa al menos 11,2 millones de km², es decir, el 56% del territorio.

Por otro lado, Wicke et al., (2011); mencionan que, Sudamérica cuenta con aproximadamente 84 millones de hectáreas de suelos afectados por la salinidad. De estas, el 26% de suelos salinos son producto de la falta de un potencial técnico en la agricultura, de la misma forma, otras de las causas de mayor degradación de los suelos que convierten en un suelo salino, es el sobrepastoreo.



Figura 2. Contenido de sales en América Latina y el Caribe

2.5. Salinidad en el Perú

En el Perú, los problemas de salinidad de suelos, se ubican en la región costa del país. El centro de recuperación de tierras y la sub Dirección de rehabilitación desde la década de 1970 ha caracterizado los problemas de salinidad. La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales ha reportado que en esos años el Perú presentaba 150 000 hectáreas de suelos que estaban seriamente afectadas por la salinidad ubicándose en un rango de ligero a muy fuerte (Campoverde & Fukushima, 2011). Sin embargo esta cifra en la actualidad alcanzaría

aproximadamente 306 000 hectáreas (MINAGRI & SENAMHI, 2016). Dentro de las principales causas que conllevan a la salinidad se encuentran: inapropiadas técnicas de riego, uso intensivo de plaguicidas e insuficiente drenaje (MINAGRI, 2017).

En la región Lambayeque los cultivos principales son la caña de azúcar y el arroz; sin embargo, en estos suelos que antes eran cultivables en la actualidad existen grandes extensiones abandonadas por salinidad. En las localidades cercanas a Mochumí y Tucume gran parte de estas áreas están salinizadas, siendo una de las causas principales la falta de una adecuada calidad de agua para riego; se calcula que el 40% de estas áreas no se cultivan y en otras se siembran cultivos que requieren pocas cantidades de agua (garbanzo, maíz) (Alva, Alphen, Torre, & Manrique, 1976).

Según la ONERN, (1970) en un inventario sobre la evaluación y uso racional de los recursos naturales en la cuenca del río de Cañete expreso que el 56.1% del total de tierras reconocidas en el valle de Cañete fueron consideradas dentro de la clasificación de suelos salinos; como se expresa en la tabla 1.

Tabla 1. *Clasificación, extensión y por ciento aproximado de los suelos del valle de Cañete*

Clasificación	Sub-Grupos	Grados de Afectación	Extensión			
			Parcial		Total	
			Ha.	%	Ha.	%
Normales	Salinidad incipiente	Salinidad ligera si n problemas de drenaje	10,657	38.2	10, 657	38.2
		Salinidad ligera a moderada, drenaje moderado.	10,261	36.7		
		Salinidad moderada a fuerte, drenaje imperfecto.	2,993	10.6		
Salinos	Salinidad evidente	Salinidad moderada a fuerte, drenaje pobre	1,206	4.3	15,716	56.1
		Salinidad fuerte a muy fuerte, drenaje muy pobre.	582	2.1		
			674	2.4		
Series no incluidas			1,582	5.7	1,582	5.7
TOTAL			27,955	100	27,955	100

Fuente: ONERN 1970

2.6. Fuentes de salinidad

La salinidad del suelo tiene diferentes fuentes entre las primarias o naturales, se encuentra la meteorización geoquímica de los minerales que constituyen la corteza terrestre. Además, en zonas áridas y semiáridas su presencia de estas tienen origen sedimentario o evaporítico, debido al ingreso de aguas marinas y aguas subterráneas salinas (De las Heras, Fabeiro, & Meco, 2003). Por otro lado, Domènech y Peral, (2006) manifiestan que las sales se debe a la presencia de fósiles producto de depósitos marinos antiguos que han sido enterrados debajo de sedimentos produciéndose su acumulación en el suelo.

Por otro lado, las fuentes antropogénicas o secundarias de la salinidad del suelo se debe al uso de fertilizantes (nitrato de sodio NaNO_3), que al contener en su composición exceso de iones de Na^+ se van acumulando (FAO, 2016); también por el empleo de fangos de plantas depuradoras (Ramos Olmos, Sepúlveda Marqués, & Villalobos Moreto, 2002). Navarro y Navarro, (2013) explican que origen de la contaminación de las sales del suelo se genera por un manejo inadecuado que realiza el hombre dentro de las cuales está: el riego que realiza con

aguas de baja calidad, empleo excesivo de fertilizantes químicos y las inadecuadas actividades industriales.

2.7. Salinidad y sus efectos en las plantas

Aquellas plantas sometidas a condiciones salinas, son expuestas a un estado de sequía fisiológico, no obstante, este no se debe a la carencia de agua, sino a lo complicado que se torna su absorción; debido a la alta concentración de sales iónicas en el suelo; de tal forma que de perdurar por mucho tiempo el déficit hídrico, la planta puede llegar a perecer (Argentel, González, Ávila, & Aguilera, 2006).

La salinidad del suelo afecta a las plantas a través de tres vías: las relaciones célula-agua, la toxicidad de los iones, y la abundancia de sodio intercambiable (Yeo, Lee, Izadr, Boursier, & Flowers, 1991), (Badia, 1992); el déficit hídrico del medio de crecimiento en el primer caso, provoca alteraciones en el desarrollo, mientras que la toxicidad iónica se vincula a un desequilibrio nutricional, por absorción excesiva de iones salinos (Na^+ y Cl), afectando la absorción de los nutrientes esenciales requeridos por las plantas (García & Jáuregui, 2008), finalmente el efecto del sodio intercambiable, altera las propiedades físicas del suelo, reduciendo el porcentaje de germinación anoxia (Badia, 1992).

- a. Efecto célula-agua: Leidi & Pardo, (2002); Moreno, (2009), mencionan que se dan varios cambios en el proceso de desarrollo vegetal, debido a la reducción en la capacidad de absorción de agua causado por el estrés salino; lo cual repercute en el crecimiento de las plantas y se manifiesta en la reducción de: expansión foliar, crecimiento radicular y pérdida de turgencia. En una investigación realizada por Wilches, Álvarez, y Balaguera, (2008), declara sobre la importancia del área foliar, pues de ella depende la fotosíntesis, mientras que Lovelli, Scopa, Perniola, Tommaso, y Sofo, (2012), manifiesta que dicha área está limitada por: la cantidad,

la velocidad de crecimiento y el tamaño final de hojas. Respecto al crecimiento radicular, el desarrollo de la parte aérea y la raíz, se ve afectado por la disponibilidad de agua, mientras la parte aérea reduce su crecimiento por causa del estrés, la raíz continúa su desarrollo, prolongando sus raíces en áreas más profundas en búsqueda de agua. (Potters, Pasternak, Guisez, Palme, & Jansen, 2007); (Shao, Chu, Jaleel, & Zhao, 2008). La turgencia, hace mención a la presión ejercida por el agua sobre el protoplasma y la pared celular, la que determina que la célula mantenga su forma; la pérdida continua de agua, impide que se lleven a cabo funciones fisiológicas tales como la fotosíntesis y la expansión celular, lo que provoca que el crecimiento se detenga, (Márquez, 2013).



Figura 3. Efecto de la salinidad sobre las plantas (Lutenberg & Mashav, 2012)

- b. Efecto de ion específico: En contraste a la acción conjunta de las sales, en el estrés salino, hay que resaltar la toxicidad directa de determinados iones por acumulación, siendo los principales elementos: el cloruro, el sodio y el boro (Torres & Acevedo, 2008); quienes afectan el equilibrio nutritivo de la planta, en la absorción de iones primordiales para la misma (Yokoi, Bressan, & Hasegawa, 2002).

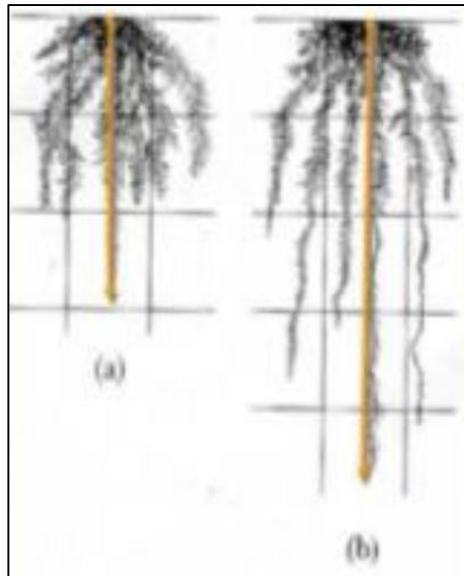


Figura 4. Efecto de las sales en las raíces de las plantas (Lutenberg & Mashav, 2012)
(a) Con Salinidad
(b) Sin salinidad

Según Rush y Epstein, (1980), el efecto iónico está asociado a la tolerancia a las sales de cada especie vegetal; así, por ejemplo, una especie puede tolerar altas concentraciones de potasio, pero no de sodio.

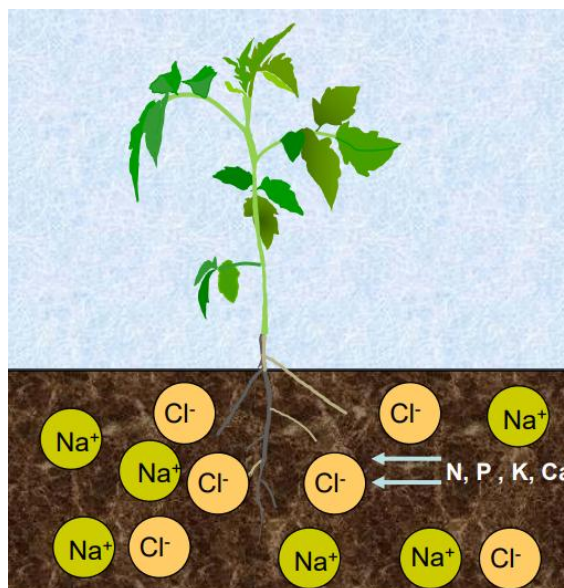


Figura 5. Efecto del Ion específico o Toxicidad Iónica (Botella, 2017)

c. Efecto de sodio intercambiable: La toxicidad del Na^+ está asociado al elevado nivel higroscópico del elemento, el mismo que restringe la absorción del K y Ca^{2+} , elementos requeridos en el suelo para mantener la selectividad y la integridad de la membrana celular de la raíz (Madueño. A, García, Martínez, & Rubio, 2006). Dodd, Guppy, Lockwood, y Rochester, (2013) mencionan que los iones de K y Ca, son desplazados de su lugar dentro de la membrana celular de la raíz, causando la exclusión de las células. Al favorecer que el Na^+ se acumule de forma pasiva en raíces y tallos, generando elevadas concentraciones que favorecen la disminución del contenido de agua, la acumulación de iones y déficit de nutrientes (Madueño. A et al., 2006). La abundancia de Na^+ frente a otras elementos conllevar a problemas de germinación, etapa esencial en el ciclo de vida de las plantas, la misma que determinar el número, su rendimiento y la supervivencia (Hadas, 1976).

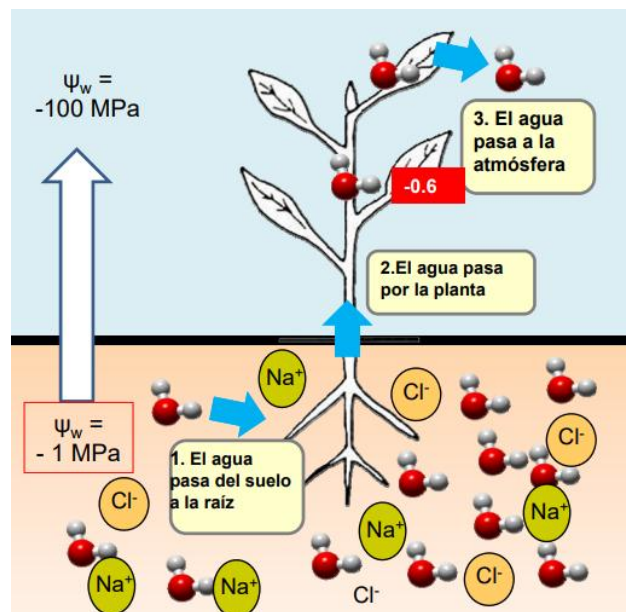


Figura 6. Efecto Osmótico o Déficit Hídrico (Botella, 2017)

2.8. Técnicas de Remediación

2.8.1. Lavado de sales

La técnica de lavado de sales consiste en provocar el arrastre del exceso de sales mediante su transporte con el agua, hacia horizontes profundos los cuales quedan ubicados normalmente en zonas más bajas de las que son ocupadas por las raíces de los cultivos; una vez ubicado en esta zona deben ser removidas mediante un sistema de drenaje adecuado, con el objetivo de evitar el ascenso de sales por capilaridad, esta técnica en muchas ocasiones es suficiente para corregir los suelos salinos (Casas, 2011); (Adams, 1995). Sin embargo, para que este método sea efectivo, se requiere que el suelo tenga una distribución homogénea del agua, es decir, este se encuentre nivelado. Por otro lado, debe presentar un adecuado drenaje; además, cabe destacar, que luego de aplicarse el lavado, se debe agregar enmiendas orgánicas o químicas; convirtiéndose en un método difícil de lograr y con costos elevados (Badia, 1992).

2.8.2. Enmiendas de sulfato cálcico

Esta técnica se aplica en la mayoría de casos en la recuperación de suelos salinos sódicos ya que mediante la aplicación del sulfato de calcio (yeso) ayudará a transformar parte de los carbonatos alcalinos en sulfatos. Para realizar la aplicación de esta, el suelo debe estar húmedo, la cual ayudará a que las reacciones que se producen sean más rápidas y efectivas; como resultado de las reacciones el pH del suelo desciende, los coloides fluctúan, se desarrollan poro más amplios y la permeabilidad del suelo aumenta (Navarro & Navarro, 2013). Por otro lado, Damian, Gonzàles, Quiñones, & Teran, (2018) mencionan que los suelos tratados con yeso, su nivel de humedad se amplía, permitiendo que estos no sufran compactación, de tal forma que permite arar y realizar una labranza con mayor facilidad.

2.8.3. Enmiendas de azufre

La aplicación de azufre como enmienda química es efectiva, siempre que el suelo contenga concentraciones de carbonatos de calcio de tal manera que se produzca una buena reacción y se forme el sulfato de calcio, lo cual este interactúa con el suelo generando un intercambio de calcio por sodio; desempeñando un papel clave en el manejo del estrés salino (Astolfi et al., 2012). Asimismo, Sierra, Lancelloti, & Vidal, (2007) mencionan que, para que el azufre, tenga un efecto positivo sobre esta clase de suelos, depende mucho del contenido de calcita y de la materia orgánica; ya que, en suelos calcáreos la aplicación de azufre no permite el incremento de micronutrientes. Por otro lado, se recomienda que antes de la aplicación de alguna dosis de azufre, se debe analizar el pH, carbonatos y materia orgánica.

2.8.4. Especies vegetales resistentes a la salinidad

El sector agrícola ha buscado comprender los mecanismos de tolerancia de las plantas en un suelo salino, con el crecimiento de la innovación tecnológica busca mejorar la resistencia de cultivos frente al estrés salino de los suelos (Chen et al., 2014); (Ramírez & Hernández, 2016).

Roy y Chakraborty, (2014) clasifica a las plantas de acuerdo a su capacidad de adaptación a elevadas concentraciones de sales; las plantas halófilas, considera aquellas especies vegetales nativas capaces de vivir todo su ciclo en suelos o soluciones con una alta concentración de sales y poseen mecanismos para la eliminación de sales en los tejidos internos, y las glicófitas especies vegetales sensibles e incapaces de resistir a un exceso de sales en el suelo.

Diversos estudios se han centrado sobre las especies tolerantes a la salinidad, de las cuales se reportan que las gramíneas tienen un mayor grado de resistencia, al igual que la familia de

las leguminosas que poseen un alto rango de tolerancia a la sal (Salim & Pitman, 1983). Borroto, Borges, Gell, Saiz, y Mendez, (1997) en un estudio realizado hace mención sobre la resistencia de algunas especies que se detallan en la siguiente tabla 2.

Tabla 2. Resistencia de la salinidad en algunas leguminosas y gramíneas estudiadas (Borroto et al, 1997)

Muy resistentes	Resistentes	Medianamente resistentes	Poco resistentes
Sesbania	Alfalfa	Pasto estrella	Cenchrus ciliarus
Leucaena	<i>Medicago sativa</i>	(<i>Cynodon nlemfuensis</i>)	cv Mulango
	Bermuda	Menkeron mexicano	
	<i>Cynodon dactylon</i>	(<i>Pennisetum sp</i>)	
	Guinea Likoni	Cenchrus ciliares	
	<i>Panicum Maximum</i>	cv <i>Guantámano</i>	
	Rhodes gigante	Glycine	
	<i>Chloris gayana</i>	<i>Neonotonia wightil</i>	
	King grass	Siratro	
	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	

2.8.5. Enmiendas orgánicas

Una enmienda orgánica (EO) es cualquier material orgánico, incluido el compost, los abonos de animales, los residuos de los cultivos, que se incorporan al suelo para mejorar el crecimiento de las plantas, este término incluye diversas técnicas que abarcan desde abono orgánico hasta desechos orgánicos y biofertilizantes. (Soil Science Society of America, 2008).

Larney & Angers, (2012); Luna et al., (2016) clasifican a los tipos de residuos orgánicos que tienen un uso práctico y extensivo, de los cuales los más comunes se detallan a continuación:

- a) Mantillo: se define como una capa que se coloca sobre la superficie del suelo que tiene una composición grandes proporciones de materia orgánica, producto de la descomposición del estiércol o algunos residuos orgánicos.

- b) Lodo de alcantarillado: subproductos de la actividad humana que pueden agregarse al suelo.
- c) Estiércol de origen animal: las más utilizadas son la gallinaza, lombrices de tierra, porcinas, bovinas u ovinas.
- d) Compost: producto obtenido de un proceso de compostaje.
- e) Técnicas de fertilización: consiste en la aplicación adicional de microorganismos o enzimas al suelo.

Cada una de estas enmiendas han demostrado tener mejoras en la calidad del suelo, cuando han sido aplicados; sin embargo, una combinación de estas tendrían un mejor resultado que de forma individual. (de Varennes, Cunha-Queda, & Qu, 2010).

2.9. Efecto físico, químico y biológico de las enmiendas orgánicas en los suelos salinos

Las modificaciones orgánicas que se apliquen al suelo, pueden mejorar las propiedades después de años de su aplicación. Debido a que solo una fracción del material orgánico se degrada inicialmente y se pone a disposición de los microorganismos del suelo (Hadas, Kautsky, & Portnoy, 1996); (Hadas et al., 1996).

Los beneficios del compost sobre las propiedades de los suelos afectados, depende de la textura y las condiciones de humedad que esté presente, así como también el origen de la materia orgánica (De León, Hernández, Etchevers, Payán, & Ordaz, 2000). La aplicación de la materia orgánica en suelos afectados por sal, ayuda a unir las partículas del suelo en agregados más estables, aumentando los espacios de bioporos, de tal forma que se va aumentando la circulación del aire del suelo que es necesaria en el crecimiento de las plantas

y desarrollo de microorganismos. Khaleel, Reddy, & Overcash, (1981) menciona que existe una correlación directa entre la adición de carbono orgánico y la disminución de la densidad aparente del suelo.

La presencia de salinidad en el suelo limita su fertilidad, debido a que la mayoría de estos suelos afectados por la sal son deficientes en nutrientes como: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Ante esto, la aplicación del compost a suelos afectados por la salinidad permite mejorar los macro y micro nutrientes (Lakhdar et al., 2008a). Esta enmienda constituye una valiosa fuente de nitrógeno, pues al ser obtenido de los residuos sólidos urbanos (RSU) contienen grandes cantidades de nutrientes. De Haan, (1981) considera que estos contienen un 10 % de nitrógeno; sin embargo, Iglesias-Jimenez & Alvarez, (1993) encontraron que del total del compost obtenido de los RSU el 21% de su composición es Nitrógeno.

El fósforo es uno de los nutrientes vegetales más esenciales, sin embargo la salinidad afecta a estos nutrientes en el suelo (Domínguez, Del Campillo, Pena, & Delgado, 2001). La biodisponibilidad del fósforo está ligada fuertemente al pH del suelo. El pH entre 5.5 y 7 constituye el rango óptimo para la liberación del fósforo (Hopkins & Ellsworth, 2005). Sanyal y De Datta, (1991) menciona que existe considerables evidencias en la literatura sobre el aumento de la solubilidad del fósforo después de la aplicación de material orgánico. Frossard, Skrabal, Sinaj, Bangerter, y Traore, (2002), demostró que los desechos sólidos orgánicos compostados contenían entre 2% y 16% de fósforo inorgánico rápidamente intercambiable y el 40% y 77% de su fósforo total como lentamente intercambiable.

Las enmiendas orgánicas desempeñan un papel importante en la dinámica del potasio en el suelo, debido a que los coloides orgánicos poseen cargas negativas que se genera a partir de la disociación de grupos carboxílicos y fenólicos durante la degradación de la materia orgánica (Bhattacharyya et al., 2007). Walker & Bernal, (2008) manifiesta que en un suelo

salino, cuando se le agrega una enmienda orgánica como el compost, esta aumenta la fracción de potasio disponible en la planta, a través de aumento que se produce en la capacidad de intercambio catiónico.

La mejora de recuperación de la calidad fisicoquímica del suelo, dependerá de la cantidad de los macro y micro nutrientes que contengan las enmiendas orgánicas, estas a su vez dependen del tipo y origen de la materia prima y de los métodos de producción (Walker & Bernal, 2008a).

Los cambios de un suelo salino, al agregar enmiendas orgánicas como el compost, mejora su mineralización posterior con la microflora, aumentando la liberación de CO₂ y en consecuencia la aireación del suelo, debido a un estímulo en sus actividades enzimáticas (Muhammad, Müller, & Joergensen, 2007). La microflora generalmente controla la mineralización del carbono orgánico en el suelo (Luna-Guido et al., 2000). Chandra, Joshi, Pathak, Jain, y Kalra, (2002) mencionan que las bajas concentraciones de sal tiene un efecto en la estimulación sobre la mineralización de carbono; mientras que las altas concentraciones puede volverse tóxico para los organismos.

La aplicación de enmiendas orgánicas, incluido el compost, en los suelos estimula significativamente la biomasa y actividad microbiana del suelo, debido a las altas cantidades de energía fácilmente utilizables introducidas, además en suelos salinos se han encontrado un aumento de la actividad microbiana producto de la aplicación de estas (Stehouwer & Macneal, 2003).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La construcción de las parcelas experimentales se realizó en el Distrito de San Vicente de Cañete, ubicado en la provincia de Cañete, Departamento de Lima; kilómetro 153 de la Panamericana Sur. Sus coordenadas geográficas UTM son 352907.95 m E y 8542986.17 m S; a una altitud de 40 m.s.n.m.

Con referencia a las variables climáticas la Temperatura máximo promedio es 27.11°C y una humedad relativa de 83.18%.

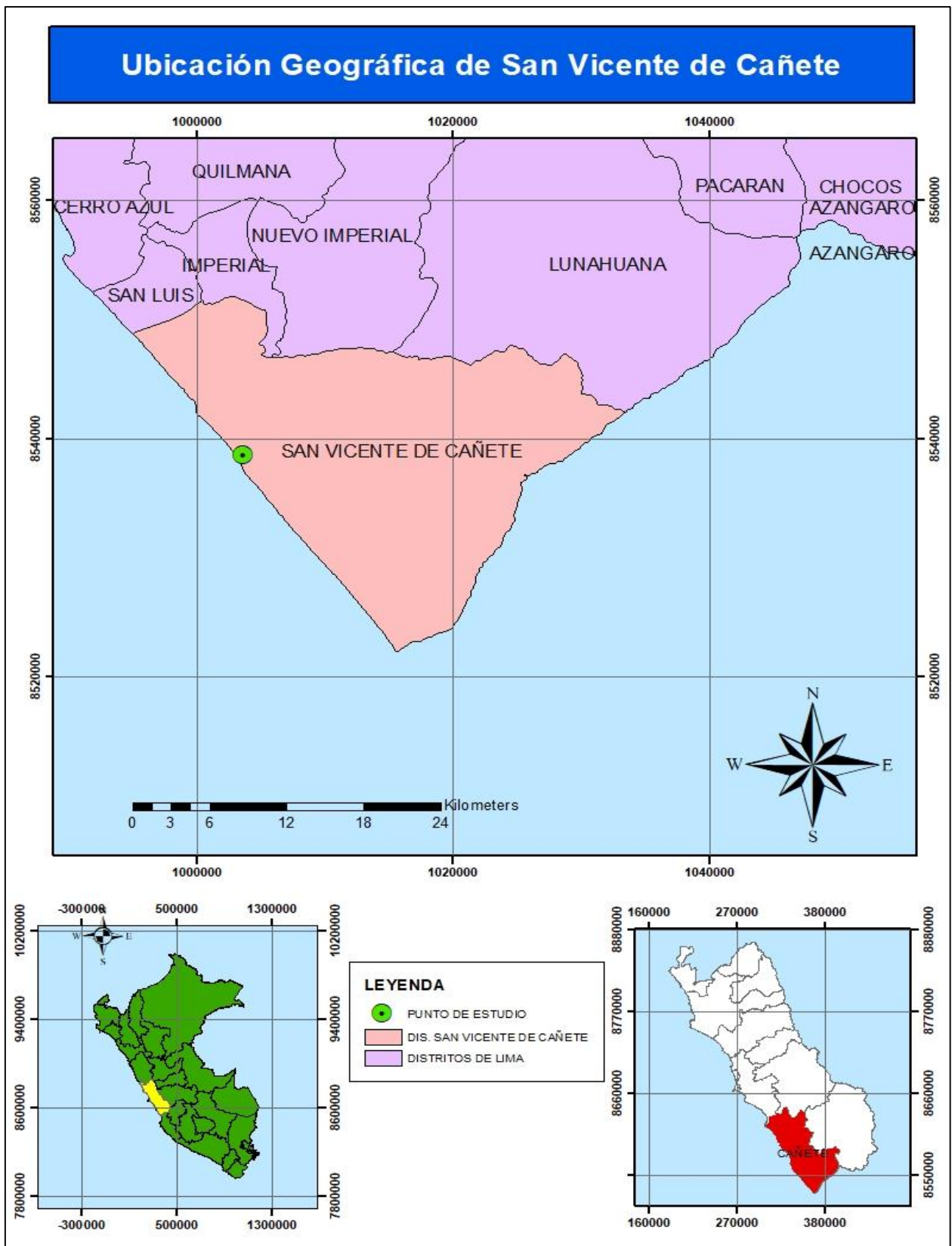


Figura 7. Mapa de Ubicación de la zona de estudio

3.2. Descripción de la parcela

La zona donde se ubicó las parcelas experimentales se muestra en la figura 8; en esta se encuentran plantaciones de palmeras y plátanos; cabe destacar que en años pasados se realizó cultivo de nabos, entre otras verduras.



Figura 8. Descripción de la parcela experimental

Los análisis de Potencial de Hidrógeno (pH), Conductividad Eléctrica (CE), Materia Orgánica (MO), Fósforo (P), Potasio (K), CaCO_3 , Textura y CIC (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) fueron realizados por el Laboratorio de Agua, Medio Ambiente y Fertirriego (LASMAF) de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

3.3. Muestreo y análisis de los parámetros del suelo pre - tratamiento

Los materiales y herramientas utilizadas durante el muestreo del suelo previo al tratamiento, se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Materiales y Herramientas para la toma de muestras.

N°	Material y Herramientas de Campo	Cantidad
1	Pico	1
2	Pala	1
3	Bolsas Ziploc	2
4	Carretilla	1
5	Balde	2
6	Guantes	2
7	Sombreros	2

El muestreo se realizó de acuerdo a la Guía para el muestreo de suelos (Ministerio del Ambiente, 2014). El cual consistió en:

- a) Establecer la toma de 9 sub muestras en cuadrículas; con el objetivo de extraer al final una muestra compuesta significativa.
- b) Con la ayuda de una pala se procedió a excavar hasta una profundidad de 15 a 50 centímetros, para extraer la muestra y se depositó sobre una manta.
- c) Finalmente, mediante la aplicación del método del cuarteo se separó la cantidad de un kilogramo de muestra de suelo por duplicado, para realizar sus análisis fisicoquímicos: pH, CE, MO, P, K, CaCO_3 , CIC (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) y textura.

Una vez terminado el muestreo del suelo, estas fueron trasladadas al LASMAF para sus respectivos análisis.

Los métodos seguidos en el análisis fueron los siguientes:

- a. Para analizar la CE, se realizó mediante la lectura de relación de suelo-agua 1:1 y extracto de pasta saturada.
- b. Para el pH se aplicó el método de potenciómetro, relación agua-suelo 1:1 y en la pasta saturada.
- c. El método seguido para el CaCO_3 fue el de gaso - volumétrico.
- d. El contenido de MO se realizó mediante el método de Walkley y Black % M.O. = % C x 1,724.
- e. El nitrógeno total fue mediante el método Micro Kjeldahl.
- f. El fósforo por medio del método Olsen Modificado, extracto NaHCO_3 0.5 M, pH = 8.5.
- g. El potasio disponible se analizó con el método de Extracto de Acetato de Amonio 1N, pH 7,0.
- h. La CIC el método seguido es de Acetato de Amonio 1N, pH 7,0.
- i. Los cationes cambiables: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica.
- j. En cuanto al porcentaje de sodio intercambiable (PSI) se calculó de acuerdo a López del Pino & Martín, (2017) mediante la siguiente formula:

$$PSI = \frac{100 \times Na^+}{CIC}$$

Donde:

- Na^+ = Sodio
- CIC = Capacidad de Intercambio Catiónico.

3.4. Diseño y construcción de las parcelas experimentales.

El diseño de las parcelas se realizó de acuerdo a Leogrande & Vitti, (2018); donde menciona que por cada hectárea de suelos salinos se debe aplicar un promedio de 50 a 100 toneladas de enmiendas orgánicas. Por lo cual, cada parcela experimental se diseñó de dos metros de largo por dos de ancho, las mismas que recibieron dosis de 40 Kg en total de las enmiendas orgánicas.

Durante la etapa de construcción los pasos que se siguieron fueron los siguientes:

- a) Limpieza del terreno, extrayendo toda maleza y basura que se encontraba en el área.
- b) Luego se procedió a medir el área total, para definir cada una de las parcelas.
- c) Definida cada una de estas, se procedió a la preparación del suelo de cada parcela experimental.



Figura 9. Diseño y Construcción de las parcelas experimentales

3.5. Adquisición de las enmiendas orgánicas

La adquisición del compost y el humus se realizó del Centro Modelo de Tratamiento de Residuos (CEMTRAR) de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El guano de caballo fue adquirido de los establos de la Facultad de Zootecnia de la misma universidad.

3.6. Dosis aplicada a los tratamientos

De acuerdo al Diseño Experimental de Mezclas (DOE), se procedió a preparar cada una de las enmiendas orgánicas para ser aplicados en cada uno de los tratamientos, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Dosis aplicada a cada uno de los tratamientos

Tratamiento	Compost (Kg)	Humus (Kg)	Guano de Caballo (Kg)
T1		40	
T2	40		
T3	20	20	
T4			40
T5		20	20
T6	20		20

3.7. Variables de estudio

3.7.1. Variable independiente

En el desarrollo de la presente investigación se emplearon enmiendas orgánicas (compost, humus y guano de caballo) las cuales fueron utilizadas en cada tratamiento; cada una de estas cumplirá el papel como variable independiente en el tratamiento de los suelos salinos.

3.7.2. Variables dependientes

Para conocer que el suelo salino ha sido tratado y por ende recuperado su potencial agrícola, este dependerá de los parámetros fisicoquímicos modificados; dentro de este se encuentran parámetros que son medibles, por lo que en nuestro caso desempeñan el papel de variables dependientes, los cuales se mencionan a continuación:

- pH
- CE
- CIC
- CaCO_3
- MO
- P

- K

- Ca²⁺

- Mg²⁺

- Na⁺

- PSI

- K⁺

3.8. Matriz de consistencia

Tabla 5. Eficiencia de las enmiendas orgánicas en la disminución de la salinidad de los suelos agrícolas, en el Distrito de San Vicente de Cañete – Lima.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables
	General	General	Variable Independiente:
¿En qué medida la aplicación de enmiendas orgánicas disminuirá la salinidad de los suelos agrícolas en una finca, del Distrito de San Vicente de Cañete – Provincia Lima?	Evaluar la eficiencia de las enmiendas orgánicas en la disminución de la salinidad (CE, pH, CIC (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺), P, K, MO y CaCO ₃) de los suelos agrícolas en el Distrito de San Vicente de Cañete – Lima.	La aplicación de las enmiendas orgánicas (humus, compost y guano) reducen la salinidad del suelo.	Enmiendas orgánicas (humus, compost y guano)
Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especifica	Variables Dependientes:
	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar y construir las parcelas experimentales. • Determinar las propiedades fisicoquímicas del compost, humus y guano de caballo. • Optimizar las dosis de las enmiendas orgánicas aplicando el diseño experimental de mezclas. • Comparar los parámetros optimizados entre el pre y el tratamiento óptimo 		pH, CE, CIC, CaCO ₃ , MO, P, K, Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , PSI, K ⁺

3.9. Análisis estadístico

Para el procesamiento de datos se utilizó el software Statistica 13.1. Así mismo se le aplicó un Diseño Experimental con Mezclas. En los experimentos con mezclas, los componentes fueron el humus, compost y guano, por consiguiente los niveles dependientes, son los parámetros fisicoquímicos analizados.

$$X_1 + X_2 + X_3 = 1 \text{ (Es decir, 100\%)}$$

Las restricciones se ilustran gráficamente en la figura 4. Con 3 componente, el espacio de la mezcla es un triángulo, donde cada vértice corresponde a formulaciones de mezclas puras (mezclas que son 100% de un solo componente) (Lawson, Madrigal, & Erjavec, 1992).

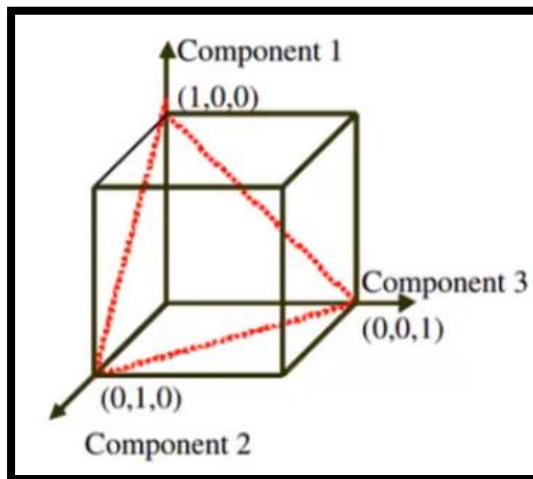


Figura 10. Espacio de los factores restringidos para mezclas con $p = 3$ componentes.

Los diseños simplex son usados para estudiar el efecto de cada uno de los componentes de una mezcla sobre las variables de respuesta. En esta investigación el diseño simplex reticular para los tres componentes (humus, compost y guano) constó de puntos definidos por los siguientes arreglos de las coordenadas: las proporciones asumidas por cada componente toman los $m + 1$ valores que se encuentran separados por distancia igual de 0 a 1, las cuales se usan en toda combinación posible.

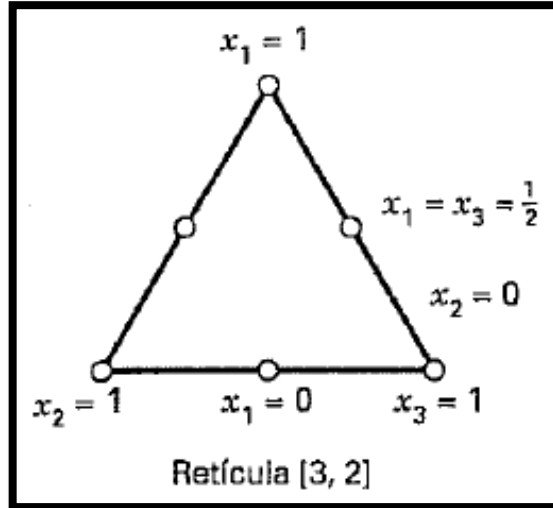


Figura 11. Diseño Simplex reticular.

Asimismo en el diseño simplex reticular aplicado consto de seis corridas siguientes:

$$(X_1, X_2, X_3) = (1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1), \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0\right), \left(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}\right), \left(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$$

Por otro lado, en la figura 11 se muestra el diseño. Donde los tres vértices $(1, 0, 0)$, $(0, 1, 0)$ y $(0, 0, 1)$ representan las mezclas puras, en cambio los puntos $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0\right)$, $\left(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}\right)$ y $\left(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$ son mezclas binarias o también llamadas mezclas de dos componentes, las cuales se encuentran localizadas en los puntos medios de los tres lados del triángulo.

El modelo usado en esta investigación es el cuadrático, el cual permite aumentar el nivel de confianza y mejorar los diseños de contorno y superficie.

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i x_i + \sum \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j \quad \text{(Modelo Cuadrático)}$$

En cuanto a las gráficas del modelo de superficie de respuesta; si la respuesta esta modelada por una función lineal de las variables independientes, entonces la función se aproxima a un modelo de primer orden. Si este presenta una curvatura en el sistema este representa un modelo de segundo orden.

Estas graficas nos permitieron determinar las condiciones de operación óptima del sistema o determinar una región del espacio de los factores en las que satisfagan las condiciones en las que el suelo presente los requerimientos de un suelo normal.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización Inicial del suelo.

Para conocer las características iniciales del suelo se definió una parte homogénea y representativa de la zona de estudio, en la tabla 5 se evidencia los resultados de los principales parámetros indicadores de salinidad obtenidos durante el análisis en el Laboratorio de Agua, Suelos, Medio Ambiente y Fertirriego de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Tabla 6. Análisis de Caracterización del suelo Pre-Tratamiento

Parámetros	Símbolo	Unidad	Pre- análisis	
			Pre-1	Pre-2
Conductividad Eléctrica	CE	ds/m	21.4	23.5
Potencial de Hidrogeno	pH	-----	7.73	7.76
Materia Orgánica	MO	%	0.28	0.21
Fósforo	P	ppm	2.72	2.53
Potasio	K	ppm	468	514
Carbonato de Calcio	CaCO ₃	%	1.56	1.64
Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC	Cmol/Kg	4.73	5.75
Calcio	Ca ²⁺	Cmol/Kg	3.05	4.03
Magnesio	Mg ²⁺	Cmol/Kg	1.040	1.05
Sodio	Na ⁺	Cmol/Kg	0.16	0.15
Ion Potasio	K ⁺	Cmol/Kg	0.49	0.51
Porcentaje de Sodio Intercambiable	PSI	%	3,38	2,61
Textura	-----	-----	Arena	Arena Franca

De acuerdo al ONERN, (1970) menciona que en el provincia de Cañete existen alrededor de 27,955 hectáreas de suelos salinos; de los cuales se encuentra incluido el distrito de San Vicente de Cañete. Por lo cual de acuerdo a los resultados obtenidos en el pre-análisis se evidencia que el suelo de la zona de estudio según las muestras analizadas entre 15 y 50 cm de profundidad presentan una CE que fluctúa entre 21.4 y 23.5 ds/m, mostrando que es

un suelo extremadamente salino; por otro lado el pH oscila en un rango de 7.73 y 7.76, es decir es un suelo ligeramente alcalino; además la CIC total se encuentra entre 4.73 y 5.75, en un nivel de muy baja a baja capacidad; en cuanto al nivel de MO y P se encuentran en una clase baja ya que este presenta valores entre 0.21 y 0.28 % y 2.53 a 2.72 ppm de fosforo; el nivel de CaCO₃ es de 1.56 a 1.64 % siendo este un nivel medio; en cuanto al potasio contiene 468 y 514 ppm siendo este un nivel medio.

4.2. Caracterización de las Enmiendas Orgánicas Aplicadas

Cada una de las enmiendas orgánicas utilizadas en las parcelas experimentales fue analizada en el laboratorio LASMAF, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6.

Tabla 7. Análisis de Caracterización de Enmiendas Orgánica

Parámetros	Símbolo	Unidad	Humus		Compost		Guano	
			Hum-1	Hum-2	Com-1	Com-2	GC-1	GC-2
Conductividad Eléctrica	CE	ds/m	8.57	6.83	7.2	7.61	10.61	9.43
Potencial de Hidrogeno	pH	-----	7.01	7.04	7.47	7.46	8.61	8.53
Nitrógeno	N	%	0.35	0.42	0.99	1.06	1.18	1.13
Oxido de Fosforo	P ₂ O ₅	%	1.63	1.83	0.77	0.83	1.04	0.97
Oxido de Potasio	K ₂ O	%	0.51	0.62	0.41	0.32	3.8	3.43
Oxido de Calcio	CaO	%	3.84	3.65	3.8	4.7	3.22	2.87
Oxido de Magnesio	MgO	%	0.70	0.74	0.53	0.51	6.17	6.62

Los resultados obtenidos de las enmiendas orgánicas evidencian que el Humus presenta una CE de 6.63 y 8.57 ds/m siendo este moderadamente salino a fuertemente salino, además el compost contiene entre 7.2 y 7.61 ds/m representando un suelo fuertemente salino al igual que el guano de caballo que presenta valores de 10.61 y 9.43 ds/m; por otro lado el pH del humus (7.01 y 7.04) y del compost (7.47 y 7.46) se encuentra ligeramente alcalino, en cambio del guano de caballo (8.61 y 8.53) es moderadamente alcalino; por otro lado en cuanto al N el que presenta un mayor porcentaje es el guano de caballo; sin embargo en cuanto al oxido de

fosforo el que tiene una mayor concentración es el humus, seguido del guano de caballo; el que presenta una mayor oxido de potasio es el guano de caballo (3.8 y 3.43); las concentraciones de óxido de calcio la enmienda que tuvo una mayor cantidad fue el compost (3.8 y 4.7), seguido del humus (3.84 y 3.65); finalmente el óxido de magnesio el que presento una mayor cantidad fue el guano de caballo (6.17 y 6.62).

4.3. Análisis de los resultados obtenidos Post - Tratamiento

4.3.1. Influencia del Humus en el suelo

Los resultados obtenidos después de haber sido aplicado al primer tratamiento el 100% de la enmienda orgánica humus, se muestran en la tabla 7; el parámetro de CE se vio afectada por el gran aumento que se presentó; al respecto Hussein & Hassan, (2011) en una investigación realizada llegaron a la conclusión que esta enmienda al ser aplicada en mayores cantidades afectaba negativamente a la absorción de nutrientes en las plantas, debido a que aumentaba la CE (mayor cantidad de sales) del Suelo; llegando a determinar que dosis pequeñas de esta enmienda no solo permitía mejorar este parámetro sino que influía positivamente en otros parámetros como el crecimiento en MO y K; resultados similares encontrados por Turan, Asik, Katkat, & Çelik, (2011) donde además obtuvieron mejoras en parámetros de N, P y Mg en dosis pequeñas aplicadas a esta clase de suelos. A pesar de la poca literatura sobre la aplicación del humus en suelos afectados por sales Arancon, Edwards, Lee, & Byrne, (2006) hacen mención que probablemente este aumento en la CE, sea debido a los niveles de tratamiento que se aplican y al origen de la enmienda orgánica.

Tabla 8. Resultados obtenidos del Tratamiento 1 (100% Humus)

Tratamiento	Composición	Parámetros	Símbolo	Unidad	Resultados	
					Hum 1	Hum 2
T1	Hum	Conductividad Eléctrica	CE	ds/m	64.40	62.30
		Potencial de Hidrogeno	pH	-----	6.97	7.01
		Materia Orgánica	MO	%	5.14	4.94
		Fosforo	P	ppm	166.02	165.47
		Potasio	K	ppm	1564	1670
		Carbonato de calcio	CaCO ₃	%	1.21	1.34
		Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC	total	19,42	20,95
		Calcio	Ca ²⁺	Cmol/Kg	12.90	14.05
		Magnesio	Mg ²⁺	Cmol/Kg	2.24	2.27
		Sodio	Na ⁺	Cmol/Kg	0,28	0,35
		Ion Potasio	K ⁺	Cmol/Kg	4.01	4.28
		Porcentaje de Sodio Intercambiable	PSI	%	1,44	1,67
		Textura	-----	-----	Franco Arenosa	Franco Arenosa

Por otro lado Celik, Katkat, Bülent, & Turan, (2010) en una investigación realizada mediante la aplicación de humus, encontraron que este les permitió aumentar el Ca²⁺, Mg²⁺ y K⁺ datos que se asemejan a nuestros resultados obtenidos en este tratamiento (tabla 7); de la misma manera mencionan que cuando los suelos salinos son tratados con humus, estos se fertilizan aumentando los macro y micro nutrientes, de tal forma que las raíces de las plantas pueden obtener los cationes adsorbidos por intercambio de cationes, por lo que este intercambio entre la materia húmica y las raíces de las plantas también es importante para el balance de sal en el suelo. Además, Asik, Turan, Celik, & Katkat, (2009) en un experimento mediante el cultivo de trigo en condiciones de salinidad, mencionan que la aplicación en un suelo salino no deben exceder de 1 gr de humus kg⁻¹ de suelo, caso contrario este aumentaría la salinidad del mismo.

4.3.2. Influencia del Compost en el suelo

La aplicación del compost al 100% al tratamiento 2 aumento en general todos los valores de las propiedades fisicoquímicas analizadas (Tabla 8), en comparación al análisis del pre-tratamiento (tabla 5). En este estudio el aumento de la conductividad eléctrica del suelo la que

se encuentra estrechamente ligada al contenido de solutos disueltos, la cual es usada muy a menudo como indicador del contenido de sal; el compost aplicado a este tratamiento aumento proporcionalmente la CE del suelo afectado por la sal. En este caso el nivel de CE Aumento de 21.4 a 42.10 ds/m y 23.5 a 51.70 ds/m en las dos repeticiones de los análisis realizados; en cuanto al pH del suelo se considera un hecho importante al haberse aplicado el compost, debido a que este permitió que el suelo alcance un pH neutro (7.21 y 7.26), donde los efectos tóxicos para los cultivos son muy mínimos.

Por otro lado, la aplicación del compost aumento los contenidos de materia orgánica, fósforo y potasio. Las concentraciones de MO oscilaron entre 7.37 y 7.91 %. Además, la concentración de P aumentó de 159.56 y 160.02 ppm y el K alcanzó hasta 1378 y 1994 ppm cada uno en las dos repeticiones de los análisis realizados. Cada uno de estos parámetros, comparados con el resultado del pre-tratamiento (Tabla 5) se evidencia que se ha generado un incremento mayor.

La enmienda del compost aumento todos los cationes intercambiables. Este aumento, se observó en el calcio, magnesio, sodio y potasio. El Ca^{++} intercambiable representa la parte principal de la capacidad de intercambio catiónico, la cual ha aumentado como se muestra en la tabla 8.

Tabla 9. Resultados obtenidos del Tratamiento 2 (100% Compost)

Tratamiento	Composición	Parámetros	Símbolo	Unidad	Resultados	
					Com 1	Com 2
T2	Compost	Conductividad Eléctrica	CE	ds/m	42.10	51.70
		Potencial de Hidrogeno	pH	-----	7.21	7.26
		Materia Orgánica	MO	%	7.37	7.91
		Fosforo	P	ppm	159.56	160.02
		Potasio	K	ppm	1378	1994
		Carbonato de calcio	CaCo3	%	1.69	1.69
		Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC	total	25,54	29,14
		Calcio	Ca ²⁺	Cmol/Kg	19	20.40
		Magnesio	Mg ²⁺	Cmol/Kg	2.83	3.47
		Sodio	Na ⁺	Cmol/Kg	0,17	0,16
		Ion Potasio	K ⁺	Cmol/Kg	3.53	5.11
		Porcentaje de Sodio Intercambiable	PSI	%	0,67	0,55
		Textura	-----	-----	Franco Arenosa	Franco Arenosa

De acuerdo a los resultados obtenidos y esperados se pueden evidenciar que al agregar la enmienda orgánica mejoro las propiedades del suelo afectado por las sales; ya que el compost permitió que el pH este en un nivel neutro; al respecto Mkhabela & Warman, (2005) mencionan que esto se puede deberse naturaleza del compost ya que se produce la mineralización del carbono y posterior producción de iones, así como también debido a la introducción de cationes básicos como K⁺, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺. La CE que a menudo se usa como parámetro de estimación de la salinidad del suelo, ya que da una idea del contenido total de sales disueltas; su aumento puede deberse a las importantes cantidades de K⁺ y Ca⁺⁺ en el compost (Walter, Martínez, & Cuevas, 2006). Con respecto a los cationes intercambiables, al realizar la aplicación del compost, se observó un aumento menor de la concentración de Na⁺ resultados de acuerdo a Lakhdar et al., (2008). Por otro lado Ouni et al., (2013) mencionan que para el efecto observado, en primer lugar las plantas pueden haber absorbido el Na⁺ como sustituto de K⁺. Por otro lado, el pequeño aumento de los niveles de Mg⁺⁺ y K⁺ intercambiable, puede

ocurrir cuando el Ca^{++} está presente en altas concentraciones (Aitken, Moody, & Dickson, 1998; Havlin, Beaton, Tisdale, & Nelson, 2005).

El compost aplicado mejoro el suelo de los cuales la MO, P y K aumentaron concordando con resultados obtenidos por Madejón, Burgos, López, & Cabrera, (2001) y Lakhdar et al., (2008). Por lo cual el enriquecimiento del suelo con esta enmienda orgánica no solo protegerá sino que además contribuirá a su remediación. Estos resultados dependen del compost y de su estados de nutrientes (Crecchio, Curci, Mininni, Ricciuti, & Ruggiero, 2001).

4.3.3. Influencia del Compost más Humus en el suelo

De acuerdo a la tabla 9, donde se muestran los resultados de los análisis del tratamiento 3; donde se aplicó una combinación de 50 % de la enmienda de compost y 50% de humus. En cuanto a la CIC en comparación a los resultados obtenidos en el pre-tratamiento (tabla 5) se evidencia que existe un aumento significativo de un rango de 4.73 – 5.75 meq/100gr que contenía inicialmente a un 29.92 – 29.62 meq/100gr ; esos hallazgos son similares con los resultados obtenidos por Ouédraogo, Mando, & Zombré, (2001) donde informaron que la aplicación de compost a una mayor tasa lleva a un aumento en la CIC (4 a 6 meq/100gr); por otro lado en un estudio realizado por Walker & Bernal, (2005) aplicando compost con estiércol avícola llegaron a obtener concentraciones de CIC 7 a 9 meq/100gr, además las concentraciones de K^+ y Mg^{2+} aumentaron significativamente. Walker & Bernal, (2008) llegaron a determinar que al aplicar una tasa de 20 a 30 gr/kg de suelo, estas enmiendas llegan a incrementar la CIC de 3 a 5 unidades; así mismo Jalali & Ranjbar, (2009) menciona que los efectos de estas enmiendas orgánicas incrementan hasta un 21.9% y 38.7% la CIC. En general la CIC del suelo se encuentra estrechamente relacionada con el nivel de materia orgánica, de tal forma que estos parámetros son directamente proporcionales (Jalali & Ranjbar, 2009). Por otro lado en cuanto a la CE en comparación al pre tratamiento este aumentó significativamente, la cual es una desventaja en cuanto a los resultados obtenidos en este

tratamiento; sin embargo el aumento de este parámetro Bonanomi et al., (2014) en un estudio aplicando compost y restos de madera menciona que este efecto puede relacionarse tanto con la solubilización directa de los iones como la mineralización de compost que libera nutrientes minerales solubles. Resultados similares obtenidos por Chang, Chung, & Tsai, (2007) y Schulz & Glaser, (2012) donde el aumento de la salinidad del suelo se informó después de haber sido aplicado el compost. Además, para que este efecto secundario negativo de la aplicación de compost aumente la salinidad es debido a que la precipitación es muy limitada la cual influye en la lixiviación de sales (Bonanomi et al., 2011; Ju, Kou, Christie, Dou, & Zhang, 2007).

Tabla 10. Resultados obtenidos del Tratamiento 3 (50% Compost y 50% Humus)

Tratamiento	Composición	Parámetros	Símbolo	Unidad	Resultados	
					Com+Hum1	Com+Hum2
T3	Compost + Humus	Conductividad Eléctrica	CE	ds/m	71.20	51
		Potencial de Hidrogeno	pH	----	6.95	7.12
		Materia Orgánica	MO	%	8.92	7.30
		Fosforo	P	ppm	175.35	173.04
		Potasio	K	ppm	2240	1526
		Carbonato de calcio	CaCo3	%	1.54	1.09
		Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC	total	29,92	24,62
		Calcio	Ca ²⁺	Cmol/Kg	19.62	17.26
		Magnesio	Mg ²⁺	Cmol/Kg	4.39	3.21
		Sodio	Na ⁺	Cmol/Kg	0,16	0,24
		Ion Potasio	K ⁺	Cmol/Kg	5.74	3.91
		Porcentaje de Intercambiable de Sodio	PSI	%	0,53	0,97
		Textura	-----	-----	Franco Arenoso	Franco Arenoso

En cuanto al pH a diferencia del pre-tratamiento (Tabla 5) se alcanzó llegar al rango de un suelo normal (6.5 – 7.5), resultados que coinciden con Bonanomi et al., (2014) donde al aplicar compost combinado con restos de madera logro estabilizar este parámetro; de la misma manera Vijayasatya, David, & Jirka, (2015) al aplicar tratamientos con combinaciones de biochar y compost, lograron reducir significativamente hasta alcanzar un pH normal. Mahdy,

(2011) también informo resultados similares de reducción de pH del suelo después de enmendarse con combinación de compost de animales y vegetales. El PSI en todos los tratamientos fueron efectivos después de haberse aplicado las enmiendas, incluido en el pretratamiento este se encontraba dentro de un suelo normal (<15); esta reducción observada se puede atribuir a factores que incluyen la liberación de Ca^{2+} de las enmiendas orgánicas (Vijayasatya et al., 2015). Estudios previos también obtuvieron reducciones del PSI con aplicación de otras enmiendas orgánicas (Gharaibeh, Eltaif, & Albalasmeh, 2011; Jalali & Ranjbar, 2009; Tejada, Garcia, Gonzalez, & Hernandez, 2006).

4.3.4. Influencia del guano de caballo en el suelo

Los datos mostrados en la tabla 10, evidencian sobre el efecto de la aplicación del 100% del guano de caballo a este tratamiento. En cuanto al pH inicial de la enmienda esta se encontraba en un rango ligeramente alcalino (8.5 y 9.0), al respecto Bickelhaupt, (1989) menciona que este pH se debe a que en los establos la aplicación de cal hidratada es una práctica común para controlar el olor. Sin embargo, a pesar de presentar este pH, al ser aplicado al suelo salino este disminuyo (tabla 10) hasta alcanzar un pH medianamente básico (7.4 – 7.8); evidenciando que su aplicación tuvo un efecto positivo en este tratamiento. Asimismo Bickelhaupt, (1989) evaluó el efecto a largo plazo de una aplicación única de estiércol de caballo en el pH del suelo, llegando a obtener resultados que esta enmienda con el paso del tiempo logra estabilizar al suelo y alcanzar el pH de un suelo normal (6.5 – 7.5).

Tabla 11. Resultados obtenidos del Tratamiento 4 (100% Guano)

Tratamiento	Composición	Parámetros	Símbolo	Unidad	Resultados	
					GC 1	GC 2
T4	Guano	Conductividad Eléctrica	CE	ds/m	24.50	32
		Potencial de Hidrogeno	pH	-----	7.66	7.62
		Materia Orgánica	MO	%	8.92	7.84
		Fosforo	P	ppm	176.09	175.35
		Potasio	K	ppm	2880	3040
		Carbonato de calcio	CaCo ₃	%	1.64	2.11
		Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC	total	20,04	20,64
		Calcio	Ca ²⁺	Cmol/Kg	10.40	10.50
		Magnesio	Mg ²⁺	Cmol/Kg	2.05	2.10
		Sodio	Na ⁺	Cmol/Kg	0,21	0,24
		Ion Potasio	K ⁺	Cmol/Kg	7.38	7.79
		Porcentaje de Sodio Intercambiable	PSI	%	1,05	1,16
		Textura	-----	-----	Arena Franca	Arena Franca

En cuanto a la CE los resultados obtenidos en este tratamiento se muestran en la tabla 8, a diferencia de los demás tratamientos esta alcanzo valores más bajos (24.50 y 32 ds/m); este aumento en la CE Hao & Chang, (2003) en una investigación realizada aplicando estiércol de ganado a lo largo de los años evidenciaron que este aumento es producto de la falta de un buen drenaje, ya que estos al ser irrigados tienden a acumular mayor sal; sin embargo este aumento fue menor, debido a que obtuvieron 0.1108 ds/m por año; además el Na⁺, K⁺, Mg²⁺ y Ca²⁺ aumentaron con la aplicación del estiércol de ganado. Esos resultados obtenidos son similares a los que obtuvieron Yazdanpanah et al., (2011) utilizando la misma enmienda orgánica, donde llegaron a la conclusión que la CE en el suelo se ve afectado no solo por el tipo de enmienda, sino también por el movimiento del agua en la columna del suelo; por otro lado también mencionan que CE sea probablemente debido a que la cantidad de CaCo₃ en el suelo interfiera en la solubilidad y el efecto que pueda ocasionar el ion común Ca²⁺.

4.3.5. Influencia del humus más guano de caballo en el suelo

En la tabla 11 se muestran los resultados al aplicar la combinación del 50 % de humus con 50 % de guano de caballo; en los análisis obtenidos (tabla 9) en cuanto a la CE en comparación al pre-tratamiento (tabla 5) no presento variaciones significativas; al respecto Chahal, Choudhary, & Mavi, (2017) evaluaron diferentes enmiendas orgánicas (Biochar, paja de arroz estiércol de granja y glucosa) y la relación que existía entre la aireación del suelo y la CE, a lo cual llegaron a determinar que la aplicación de estas disminuye las sales del suelo. Además, el estudio mostro que la descomponían de las enmiendas orgánicas y su tasas de aplicación determina el papel de la actividad microbiana en los suelos salinos.

En cuanto al pH y al PSI en este tratamiento alcanzó valores que se encuentran dentro de un suelo normal (PSI <15% y pH 6.5 – 7.5). Dubey & Mondal, (1993) evaluaron una enmienda inorgánica (yeso) combinada con estiércol de granja (50% de yeso y 50% de estiércol) en un suelo sódico; a lo cual determinaron que la aplicación de estas mejoro significativamente el PSI y el pH; además estas fueron evaluadas mediante el cultivo de arroz y trigo, la cual la disminución del pH y el PSI fue mayor después de haberse cultivado el arroz que el trigo.

Tabla 12. Resultados obtenidos del Tratamiento 5 (50% Humus y 50% Guano)

Tratamiento	Composición	Parámetros	Símbolo	Unidad	Resultados		
					Hum GC1	Hum+GC2	
T5	Humus Guano	+	Conductividad Eléctrica	CE	ds/m	22.50	34.50
			Potencial de Hidrogeno	pH	-----	7.34	7.21
			Materia Orgánica	MO	%	8.52	10.28
			Fosforo	P	ppm	174.98	175.17
			Potasio	K	ppm	1818	1922
			Carbonato de calcio	CaCo3	%	1.39	1.17
			Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC	total	19,04	21,91
			Calcio	Ca ²⁺	Cmol/Kg	11.70	13.65
			Magnesio	Mg ²⁺	Cmol/Kg	2.42	3.15
			Sodio	Na ⁺	Cmol/Kg	0,25	0,18
			Ion Potasio	K ⁺	Cmol/Kg	4.66	4.93
			Porcentaje de Sodio Intercambiable			1,31	0,82
			Textura	-----	-----	Arena Franca	Arena Franca

Por otra parte Fall et al., (2018) evaluaron el efecto de la enmienda de cascara de maní sobre las propiedades del suelo y el crecimiento de diferentes plantas en suelos afectados por sal; llegando a determinar que la aplicación de 4, 6, 8 Tn/Ha mejoro las propiedades químicas de suelo (C, N, P, pH y CIC) alcanzando disminuir la salinidad; llegando a concluir que la enmienda orgánica con cáscaras de maní mejora la fertilidad del suelo y el crecimiento de los árboles en condiciones salinas. Estos resultados se asemejan a los obtenidos en este tratamiento (tabla 11) ya que se mejoró significativamente estos parámetros a comparación del pre-tratamiento.

4.3.6. Influencia del compost más guano de caballo en el suelo

Los resultados obtenidos en el tratamiento 6 se muestran en la tabla 12; al aplicar las mezclas de guano con el compost como en los demás tratamientos en cuanto a la CE este se vio influenciado negativamente, debido al aumento que se produjo. En el pH se llegó a reducir a las condiciones de un suelo normal; el contenido de MO, P, K, CaCO₃ y CIC aumentaron

significativamente en este tratamiento. Al respecto Xie et al., (2019) evaluó la reducción y el crecimiento de avena en un suelo salino, mediante la aplicación de seis tratamientos de suelo y cada uno con combinaciones diferentes; llegando a determinar que el tratamiento con las enmiendas (mulching de paja + estiércol de pollo) redujo notablemente la salinidad del suelo a 0-40 cm de profundidad. Las enmiendas orgánicas, como el estiércol de pollo, en los últimos años se han utilizado ampliamente en la práctica de desalinización del suelo salino (Yang, Bian, Yang, Zhou, & Tang, 2018; ZHANG et al., 2014). El estiércol de pollo puede mejorar la estructura del suelo; simultáneamente, puede aumentar rápidamente el contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, lo que favorece la conservación del agua, la lixiviación de sal y la supresión de sal del suelo salino y promueve el crecimiento de los cultivos (OMARI et al., 2016; Zhang et al., 2015). Sin embargo el aumento de la salinidad se puede ver afectado por el aumento de la evaporación y la descomposición y lixiviación del estiércol de pollo, lo cual hace que la salinidad del suelo se acumula gradualmente en la superficie del suelo (Xie et al., 2019).

Tabla 13. Resultados obtenidos del Tratamiento 6 (50% Compost y 50% Guano)

Tratamiento	Composición	Parámetros	Símbolo	Unidad	Resultados			
					Com+GC1	Com+GC2		
T6	Compost Guano	+	Conductividad Eléctrica	CE	ds/m	27	40.70	
			Potencial de Hidrogeno	pH	-----	7.33	7.23	
			Materia Orgánica	MO	%	8.65	8.92	
			Fosforo	P	ppm	156.60	161.40	
			Potasio	K	ppm	1666	1598	
			Carbonato de calcio	CaCo3	%	1.51	1.61	
			Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC	total	21,37	22,41	
			Calcio	Ca ²⁺	Cmol/Kg	14.80	15.83	
			Magnesio	Mg ²⁺	Cmol/Kg	2.13	2.33	
			Sodio	Na ⁺	Cmol/Kg	0,17	0,16	
			Ion Potasio	K ⁺	Cmol/Kg	4.27	4.10	
			Porcentaje de Intercambiable	Sodio	PSI	%	0,80	0,71
			Textura		-----	-----	Arena Franca	Arena Franca

4.4. Análisis estadístico de la influencia de las enmiendas orgánicas en la salinidad del suelo

El coeficiente de determinación (R^2) del modelo seleccionado para determinar la concentración de la CE en el suelo ($R^2 = 0.8501$); nos permite interpretar estos resultados mediante la gráfica de superficie de respuesta (Figura 12) como la de contorno (Figura 13).

Donde la región de color verde representa la combinación de las enmiendas orgánicas para tener una mayor reducción de la conductividad eléctrica del suelo. La mejor combinación al realizar la aplicación de las enmiendas orgánicas, para alcanzar una CE menor (4 ds/m) se muestra en la figura 12 y 13. De la cual podemos evidenciar que si aplicamos aproximadamente un 75 % de guano y un 25 % de humus se obtendrá una CE más baja, con una tendencia de alcanzar la CE de un suelo normal. Esto se evidencia en los resultados obtenidos en el tratamiento 5 (tabla 11), donde se alcanzó una CE menor en comparación a los demás tratamientos realizados. Al respecto Meena et al., (2016) en un estudio donde evaluaron dosis de enmiendas orgánicas solas y además de combinaciones con fertilizantes químicos; logrando reducir la CE; cabe destacar que para alcanzar estos resultados y se logre aliviar la salinidad del suelo, se debe hacer mediante el uso repetido de las enmiendas orgánicas, las cuales permitirán un aumento continuo de los demás parámetros de un suelo. Por otro lado Mogollón, Martínez, & Torres, (2015) evaluaron la reducción de la salinidad, mediante la aplicación de una enmienda orgánica (vermicompost), donde alcanzaron disminuir la CE hasta 1,33 dS/m; cabe destacar que estos resultados se obtuvieron al aplicar concentraciones de 10% de vermicompost; asimismo, Luna et al., (2016) aplicaron enmiendas orgánicas (compost, restos de astillas de madera y lodo) en un suelo salino, observando que la CE aumento a un nivel muy alto en los primeros meses; sin embargo, al pasar el tiempo esta disminuyo. Este aumento en la CE podría deberse a la producción de iones orgánicos de

bajo peso molecular o a la liberación de sales durante la descomposición de sustancias orgánicas (González, Jorge, Carrero, de la Cruz, & Casermeiro, 2012; Mingorance et al., 2014)

Ayyobi et al., (2014) en una investigación realizada determinaron que, si la aplicación de enmiendas orgánicas se realizan de manera continua con el tiempo, la CE podría aumentar, lo cual también dependerá del origen de las enmiendas orgánicas.

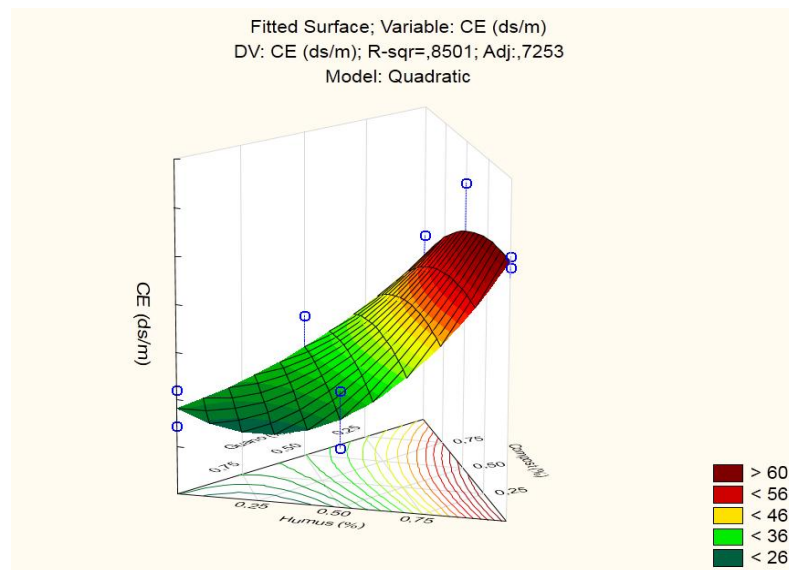


Figura 12. Gráfico de superficie de respuesta de la Conductividad Eléctrica del suelo.

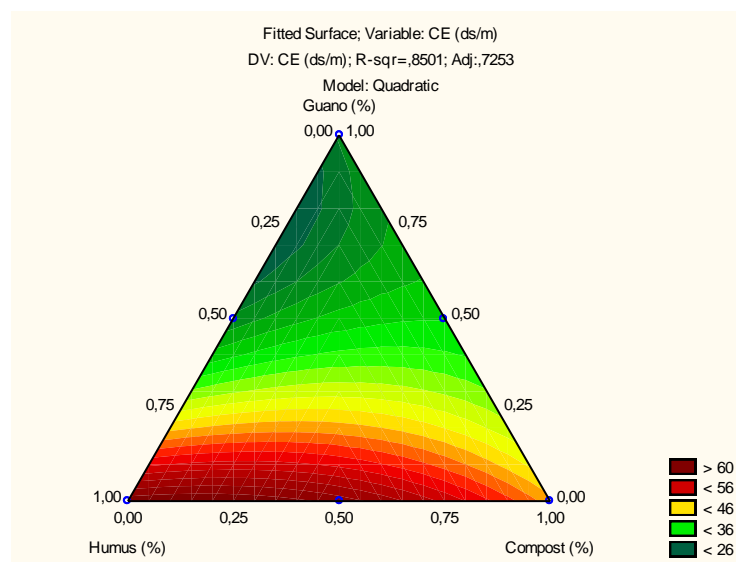


Figura 13. Gráfico de contorno de la Conductividad Eléctrica del suelo.

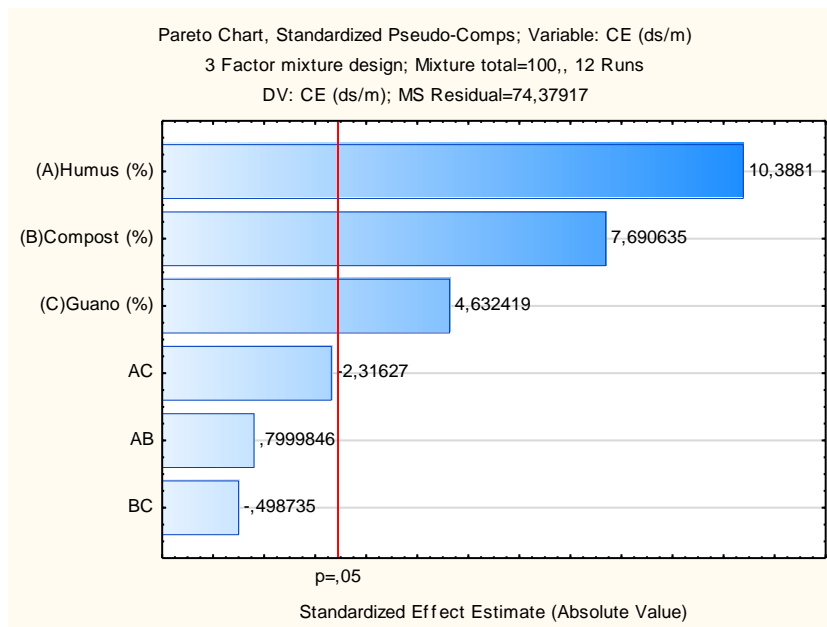


Figura 14. Diagrama de Pareto para la Conductividad Eléctrica del suelo.

Por otro lado, al realizar el análisis de varianza para la CE, se obtiene que los efectos principales (Humus, Compost y guano) fueron significativos ($p < 0,05$). Esto se puede corroborar en el diagrama de Pareto, el cual se muestra en la figura 14. Donde se aprecia que tanto la aplicación humus, compost y guano son significativos.

El elevado coeficiente de determinación (R^2) del modelo seleccionado para predecir las concentraciones de pH en el suelo ($R^2 = 0.9462$) nos proporcionan interpretar los resultados mediante gráficos de superficie (figura 15) como de contorno (figura 16).

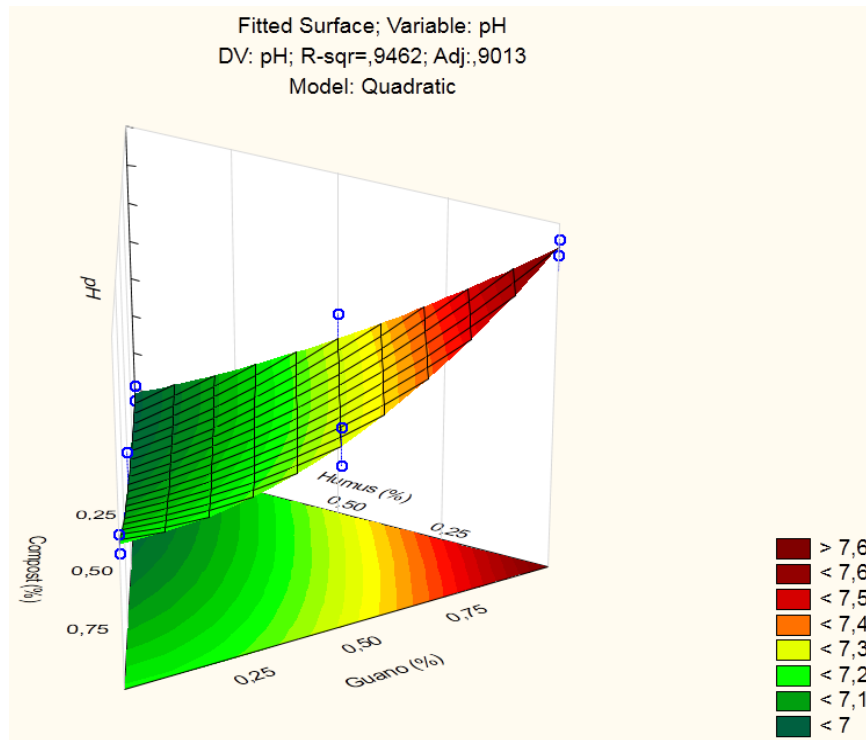


Figura 15. Gráfico de superficie de respuesta de potencial de hidrógeno del suelo.

En la figura 15 y 16 se muestran que a partir de la región de color rojo (< 7,5) hasta la región verde la combinación de las enmiendas orgánicas permiten alcanzar el pH de un suelo normal (6.5 – 7.5). Además, con esto se evidencia que las combinaciones aplicadas en cada uno de los tratamientos fueron eficientes, a diferencia del tratamiento 4 (tabla 10), donde se aplicó 100 % de guano ya que esta no alcanza llegar al pH esperado. Al respecto Lakhdar et al., (2009) encontraron que las enmiendas orgánicas mejoran las propiedades del suelo, lo que se relaciona con un aumento en el contenido de carbono orgánico, posteriormente estas permiten la reducción del pH del suelo, debido a la nitrificación, la cual disminuye la salinidad, aumentando la lixiviación de las sales. Por otro lado, Lashari et al., (2013) mostraron que al agregar enmiendas orgánicas al suelo, estas permiten una mayor lixiviación de sales, debido al aumento de la porosidad, facilitando el movimiento descendente de las sales, disminuyendo así el valor del pH y los contenidos de sal.

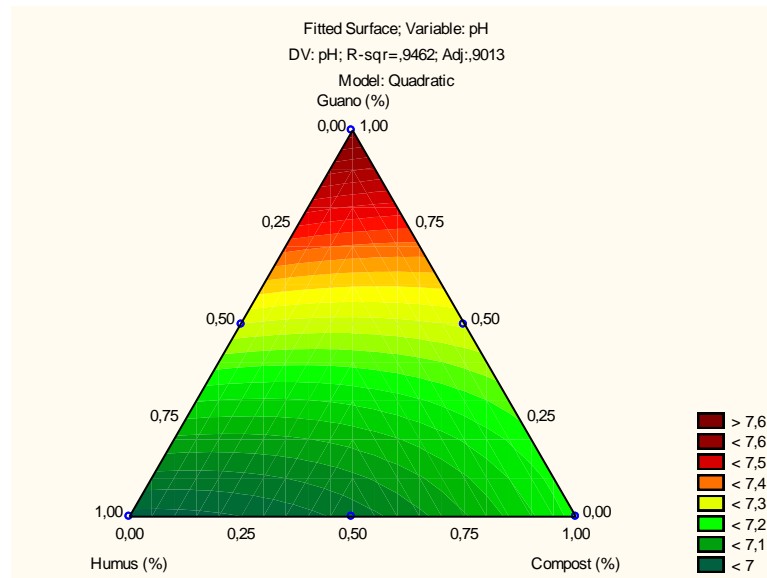


Figura 16. Gráfico de contorno del potencial de hidrógeno del suelo.

En cuanto al análisis de varianza para la variable de pH, se obtuvo que el efecto de las enmiendas orgánicas fue significativo ($p < 0.05$). Esto se puede comprobar mediante el diagrama de Pareto, mostrado en la figura 17. Donde se puede apreciar que la aplicación del humus, compost y guano es significativo.

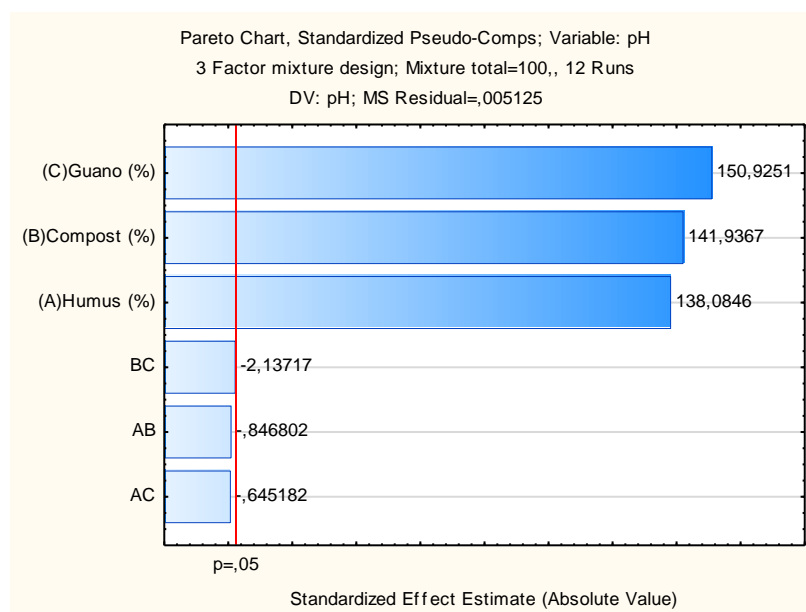


Figura 17. Diagrama de Pareto para el potencial de hidrógeno del suelo

En la figura 18 y 19 nos muestra el coeficiente de determinación (R^2) del modelo seleccionado para determinar la concentración de la MO en el suelo ($R^2 = 0.8638$); esto nos permite interpretar los resultados mediante la gráfica de superficie de respuesta (Figura 18) como la de contorno (Figura 19).

De acuerdo a las figuras 18 y 19 la aplicación del humus, compost y guano, asimismo las combinaciones realizadas en cada uno de los seis tratamientos evaluados influenciaron positivamente en el contenido de la materia orgánica; alcanzando hasta 8.92% de esta (tabla 9). Sin embargo al aplicar combinaciones de aproximadamente un 60% de guano, 30% de humus y un 10% de compost el contenido de MO alcanzaría una mayor cantidad ($> 9\%$); mostrándose en las figuras en la región marcada por el color rojo oscuro. Siendo de esta manera un suelo de mayor fertilidad, debido a que la MO es muy importante para mantener una sostenibilidad de la fertilidad del suelo. Singh et al., (2013) encontraron que al agregar enmiendas a los suelos, se introducen grandes concentraciones de MO, la misma que, es degradada por la actividad microbiana, incrementando de esta forma los demás nutrientes y permitiendo disminuir la salinidad del suelo. Asimismo, Luna et al., (2016) aplicaron enmiendas de compost y lodos con la misma cantidad de MO inicial; estas fueron evaluadas en la reducción de la salinidad por un periodo de 5 años; encontrando resultados al termino del experimento que, el compost incremento valores más altos de MO, además de otros parámetros como carbono orgánico total, N y P.

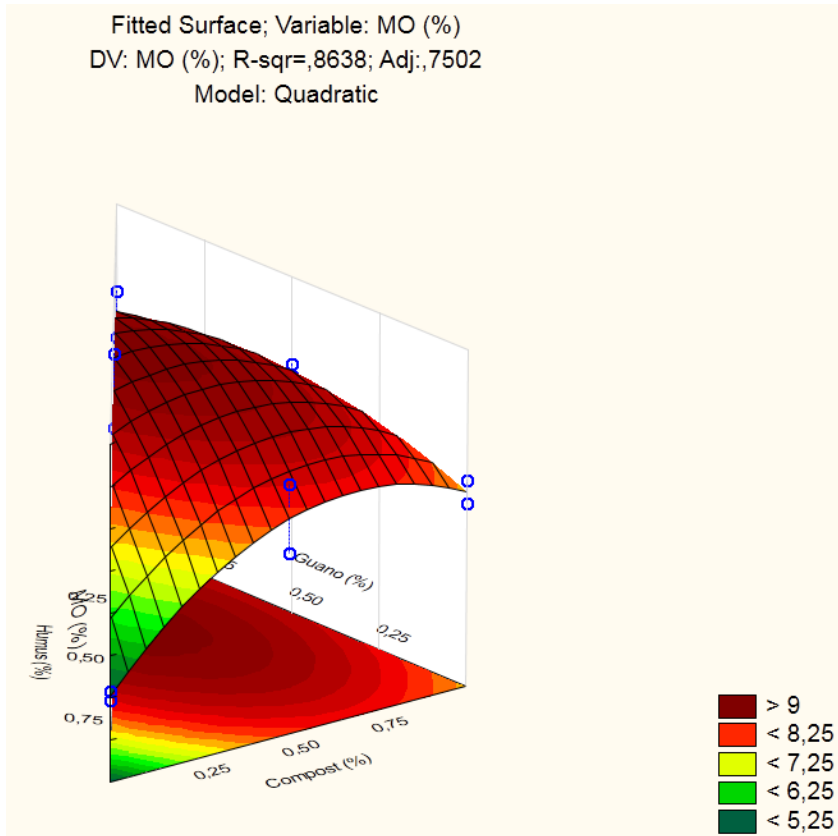


Figura 18. Gráfico de superficie de respuesta de materia orgánica del suelo.

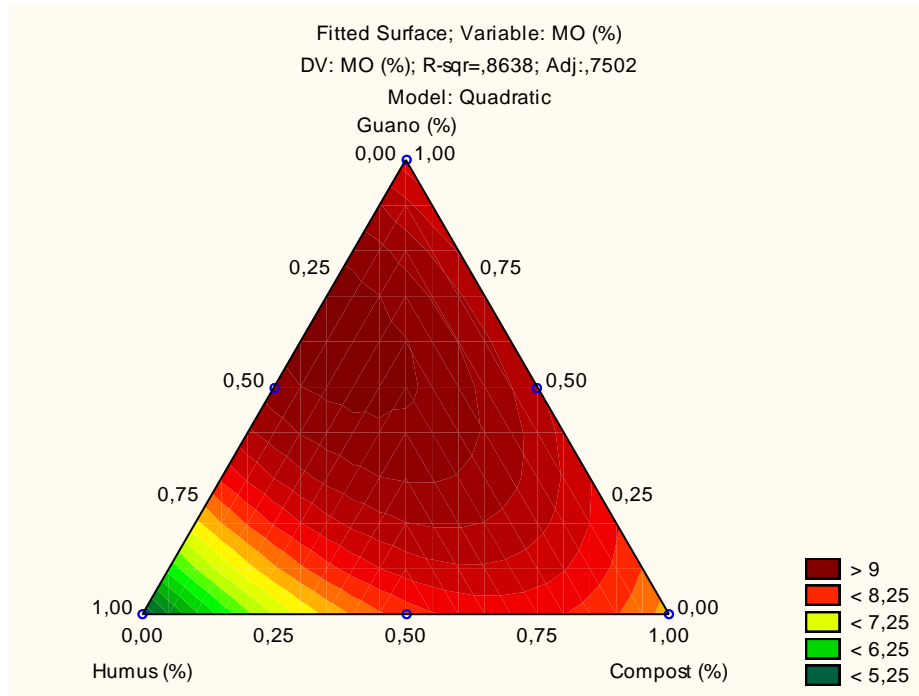


Figura 19. Gráfico de contorno de materia orgánica del suelo.

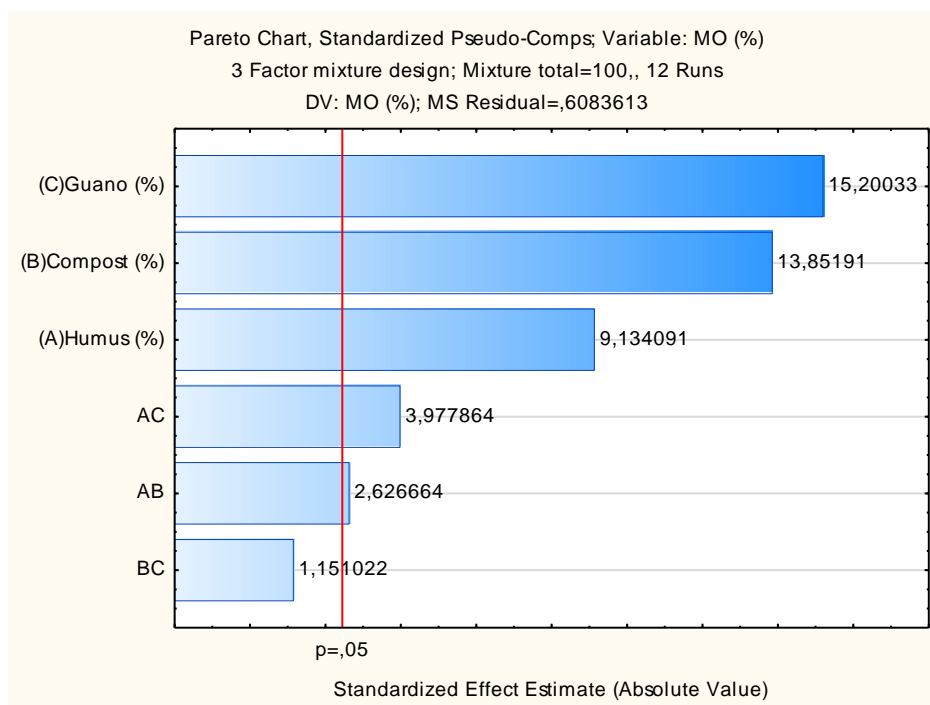


Figura 20. Diagrama de Pareto para la materia orgánica

Según el diagrama de Pareto (figura 20) se muestran que la enmienda que tuvo una mayor significancia en cuanto al contenido de MO en el suelo es el guano, seguido del compost y el humus. Asimismo las combinaciones de humus más guano y humus más compost también presentaron significancia en el aumento de este parámetro.

El elevado valor del coeficiente de determinación (R^2) del modelo seleccionado para predecir las concentraciones de fósforo en el suelo ($R^2 = 0,9761$) permite interpretar en el gráfico de superficie y de contorno (figura 21 y 22) la influencia del compost, humus y guano. De los cuales se muestran que al aplicar combinaciones de aproximadamente 45% de compost y 55% de humus el nivel de Fósforo alcanzaría valores mayores a 176 ppm; además si combinamos un 50% de humus y 50% de guano también alcanzaríamos estos niveles de fósforo en el suelo. Sin embargo también se evidencia que al aplicar el guano a un 100% el contenido de fósforo en el suelo obtendría altos niveles (> 176 ppm). Al respecto Chahal et al.,

(2017) mencionan que la aplicación de enmiendas orgánicas ya sean solas o combinadas, permiten tener mayor disponibilidad de nutrientes como el fósforo. Asimismo Hao, Godlinski, & Chang, (2008) reportaron una mayor disponibilidad de fósforo con la adición de estiércol de animal en comparación con enmiendas a partir de restos vegetales. Sin embargo, cabe destacar que las enmiendas generadas a partir de residuos vegetales contienen mayor disponibilidad de nitrógeno en forma orgánica. Por otro lado Meena & Biswas, (2013) mostraron que los tratamientos donde recibieron enmiendas orgánicas junto con un 25% de enmiendas químicas, estos acumulan una mayor cantidad de fósforo en el suelo. Asimismo, Meena et al., (2016) al aplicar tratamiento con el uso de compost, alcanzo un rango medio en el incremento del fósforo; lo cual menciona que, esto podría deberse a la mayor concentración de iones de Na^+ que resulta en una formación más soluble de Na_3PO_4 en el suelo.

Por otro lado en el diagrama de Pareto (figura 23) evidencia que la enmienda que presentó una mayor significancia en el aumento del fósforo fue el guano, seguido del humus y el compost. Sin embargo, las combinaciones de guano más humus y compost más guano también fueron significativas ($p < 0,05$) en el incremento del fósforo.

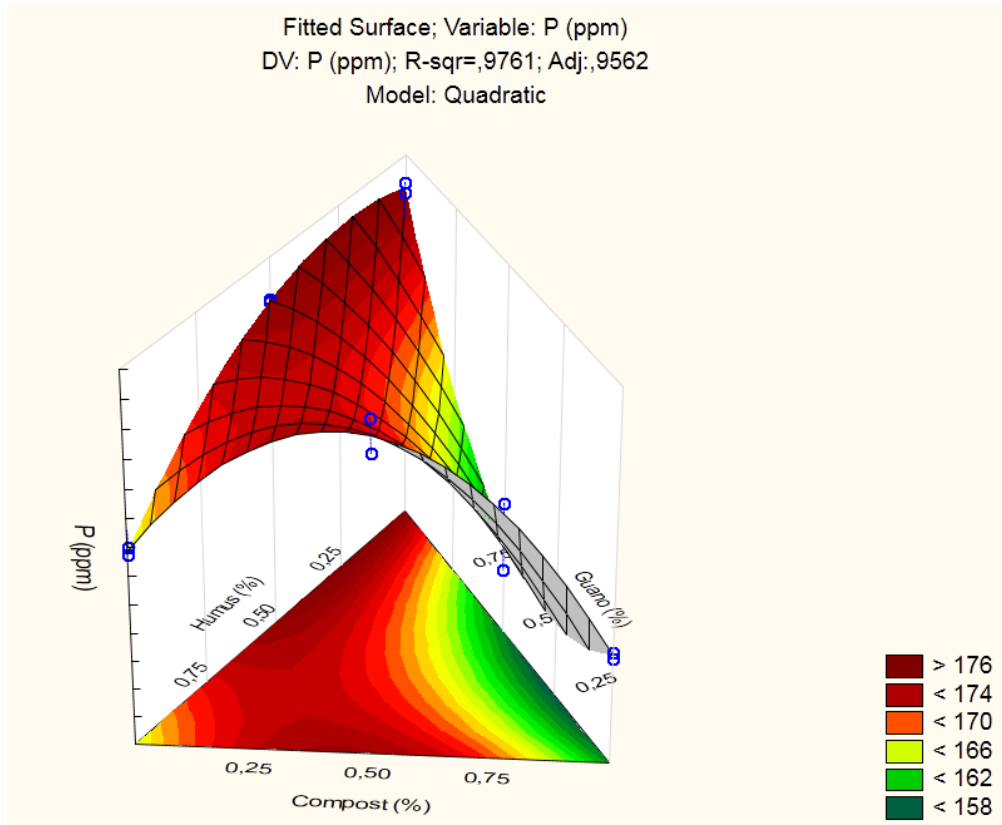


Figura 21. Gráfico de superficie de respuesta de contenido de fósforo en el suelo.

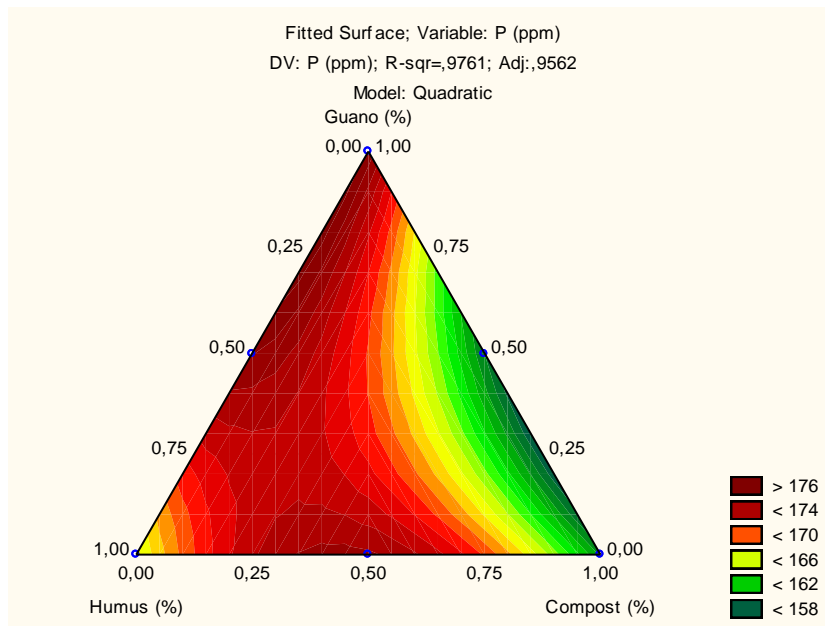


Figura 22. Gráfico de contorno del contenido de fósforo en el suelo.

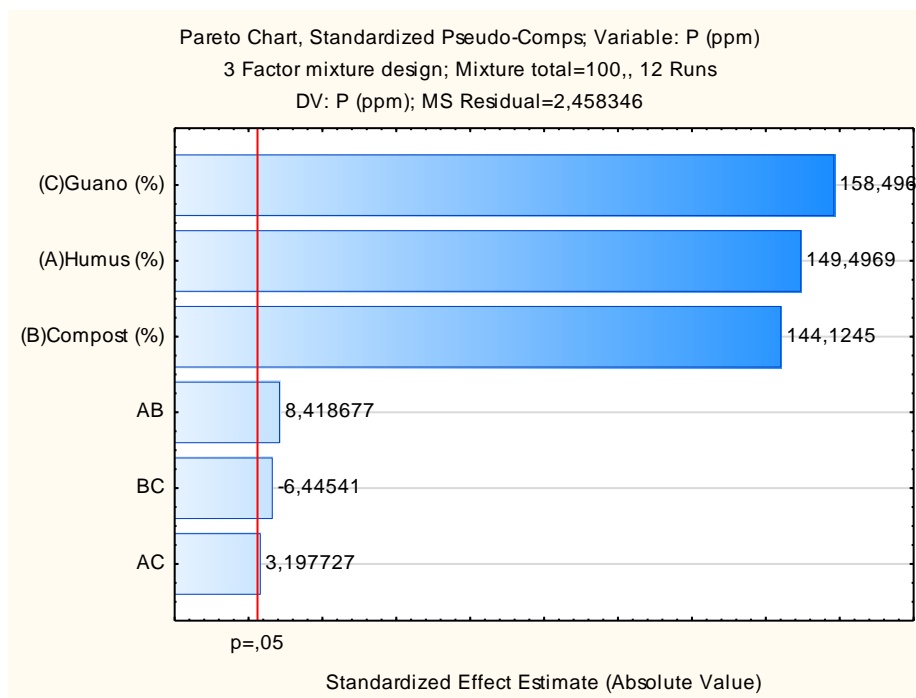


Figura 23. Diagrama de Pareto del contenido de Fósforo en el suelo.

El coeficiente de determinación para mostrar la concentración de potasio en el suelo ($R^2 = 0,8479$) nos permite interpretar los resultados de acuerdo a las figuras 24 y 25. De las cuales podemos mencionar que la aplicación tanto del humus, compost y guano influyen positivamente en el incremento de potasio en el suelo; de los tratamientos aplicados y de acuerdo a las figuras (24 y 25) el que incrementa en mayor cantidad y está representado en la región de color rojo oscuro es la aplicación del 100% de guano (tabla 10). El potasio en el suelo Clark, Dodgshun, Sale, & Tang, (2007) hacen mención que el aumento significativo, posiblemente sea, debido a la adición de sustratos orgánicos que contienen las enmiendas, además por la actividad de los microorganismos para convertir el potasio en formas bio – disponibles para las plantas. Por otro lado, Yadav, Suman, Prasad, & Prakash, (2009) encontraron que la aplicación de enmiendas proporciona una mayor fracción de materia orgánica en el suelo, la cual directamente incrementa el contenido de potasio en los suelos.

Además el diagrama de Pareto (figura 26) resalta que la enmienda que presentó una mayor significancia en el potasio del suelo fue el guano, seguido del compost y el humus. Además, las combinaciones de compost y humus también fueron significativas en el incremento de este parámetro. Asimismo Meena & Biswas, (2013) encontraron un aumento significativo en el potasio, al aplicar combinaciones de 50% compost y 50% de una enmienda química; indicando que el uso integrado de fertilizantes inorgánicos con el compost mejoran significativamente los parámetros de un suelo.

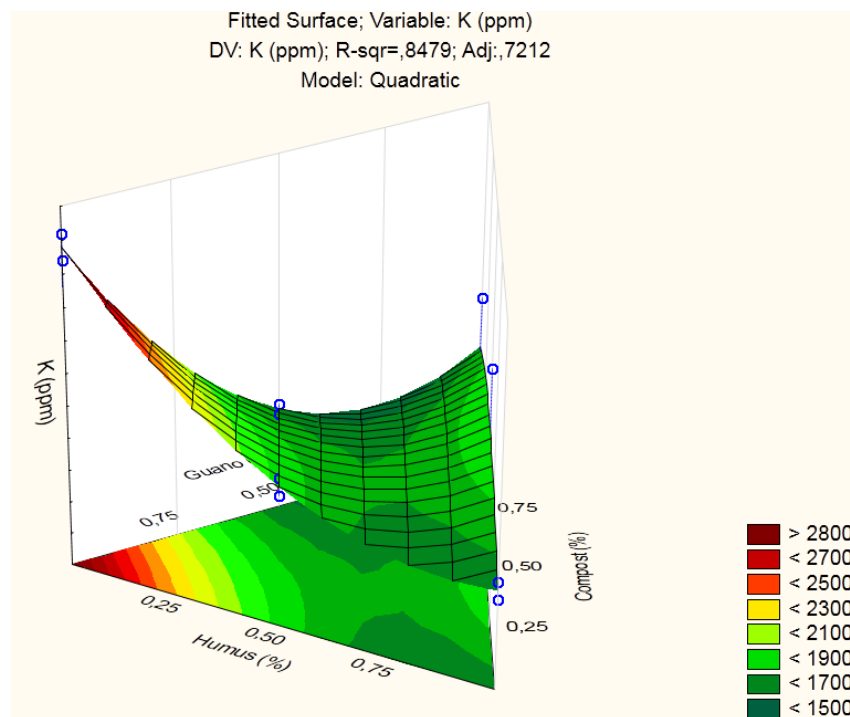


Figura 24. Gráfico de superficie de respuesta del contenido de potasio en el suelo.

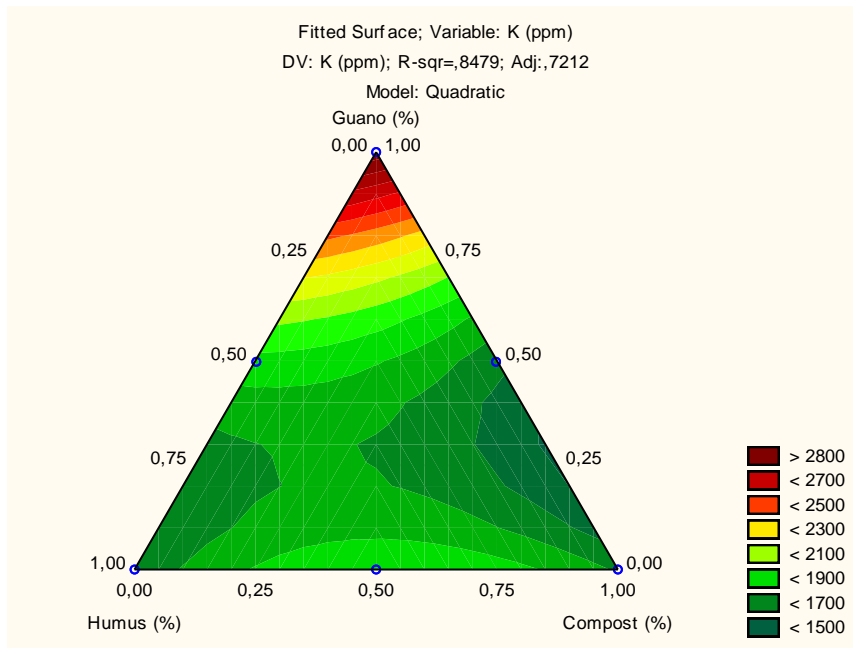


Figura 25. Gráfico de contorno del contenido de potasio en el suelo

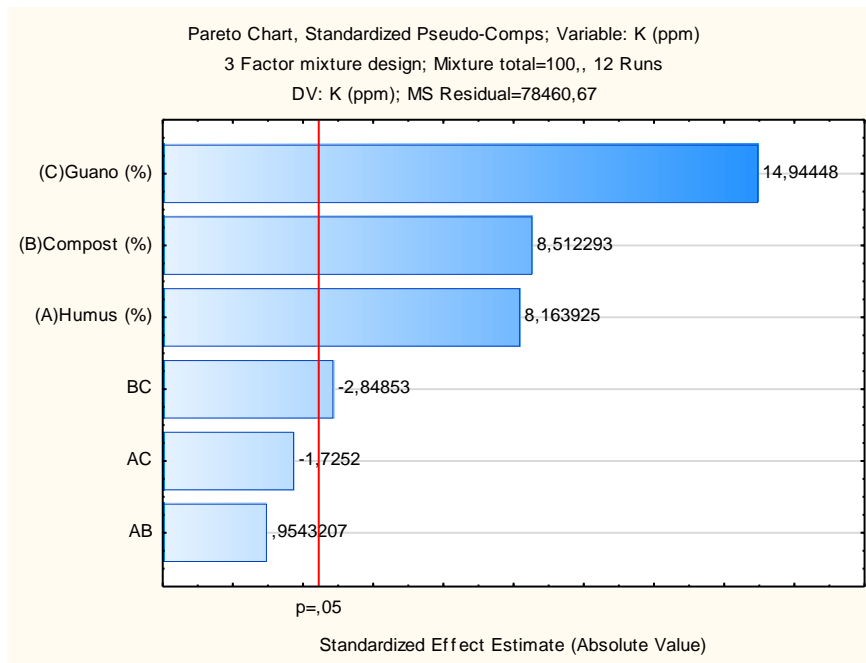


Figura 26. Diagrama de Pareto del contenido de potasio en el suelo

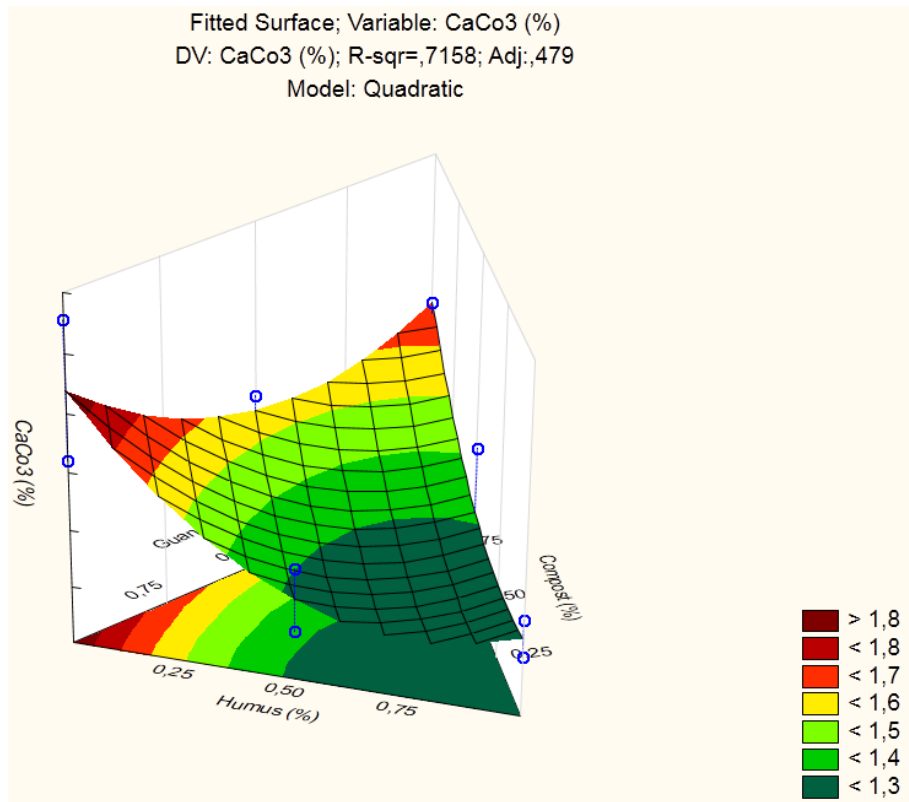


Figura 27. Gráfico de superficie de respuesta de Carbonato de calcio en el suelo.

En las figuras 27 y 28 se muestra el efecto del humus, compost y guano sobre el contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) en el suelo. La región sombreada por el color rojo oscuro representa que la aplicación de un 100% de guano permite aumentar el CaCO_3 ($> 1,8 \%$), ya que este tiene un efecto positivo no solo en la estructura de los suelos, sino que además permite que los microorganismos desarrollen una actividad normal, por otro lado es importante destacar que, el contenido de CaCO_3 para ser un suelo normal, se debe encontrar en un rango de 10 a 20 %, caso contrario interfieren en al desarrollo normal de las plantas. Ramirez, (2016) menciona que, el CaCO_3 sea eficiente en reducir la salinidad del suelo, depende mucho de la solubilidad y para aumentar la solubilidad se requiere de altos niveles de CO_2 , de tal forma que al unirse exista una reacción y se forme el bicarbonato de calcio; el mismo que influenciara directamente en la disminución del pH de un suelo salino.

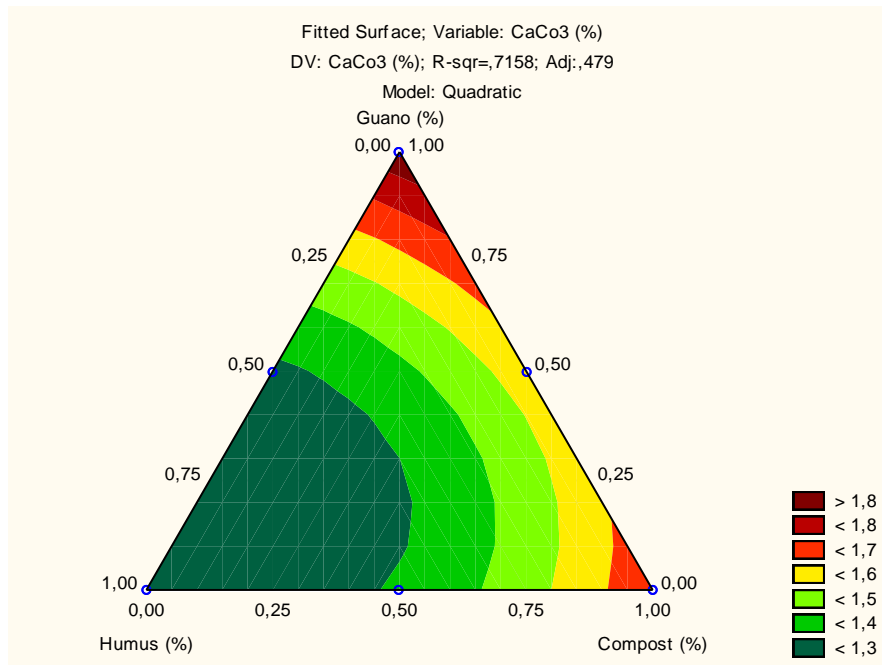


Figura 28. Gráfico de contorno de Carbonato de calcio en el suelo

De acuerdo al diagrama de Pareto (figura 29) de las tres enmiendas aplicadas, la que presento una mayor significancia en el incremento del carbonato de calcio fue el guano, seguida del compost y finalmente el humus.

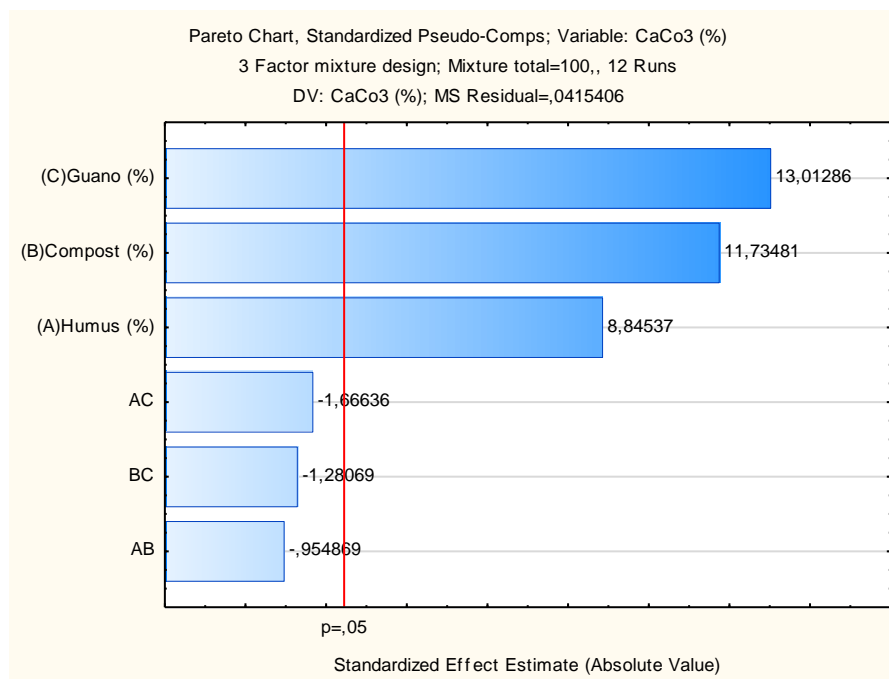


Figura 29. Diagrama de Pareto del contenido de carbonato de calcio.

La influencia del humus, compost y guano sobre la capacidad de intercambio catiónico se muestra en las figuras 30 y 31, de las cuales se resalta que al aplicar una concentración de 100% de compost (tabla 6), y combinaciones de 75% de compost y un 25% de humus (tabla 9) en el suelo, este alcanzó una CIC mayor a 28 cmol/kg. De lo cual se puede destacar que la CIC se encuentra estrechamente relacionado con el contenido de materia orgánica del suelo y esta puede ir gradualmente aumentando con el tiempo, debido a que los residuos orgánicos se van reteniendo primero en la capa superficial del suelo y luego se van introduciendo a mayor profundidad. Mogollón et al., (2015) encontró resultados similares al evaluar la aplicación de enmiendas, evidenciando que luego de 28 días de ser agregadas la CIC se incrementó en el suelo salino. Por otro lado, Bot & Benites, (2005) encontraron que el alto contenido de la CIC permite una mayor capacidad de retención de nutrientes, convirtiéndole a un suelo más fértil.

De acuerdo a las figura 32, donde se muestra el diagrama de Pareto la enmienda que influyo y presento una mayor significancia fue el compost, seguido del guano y finalmente el humus.

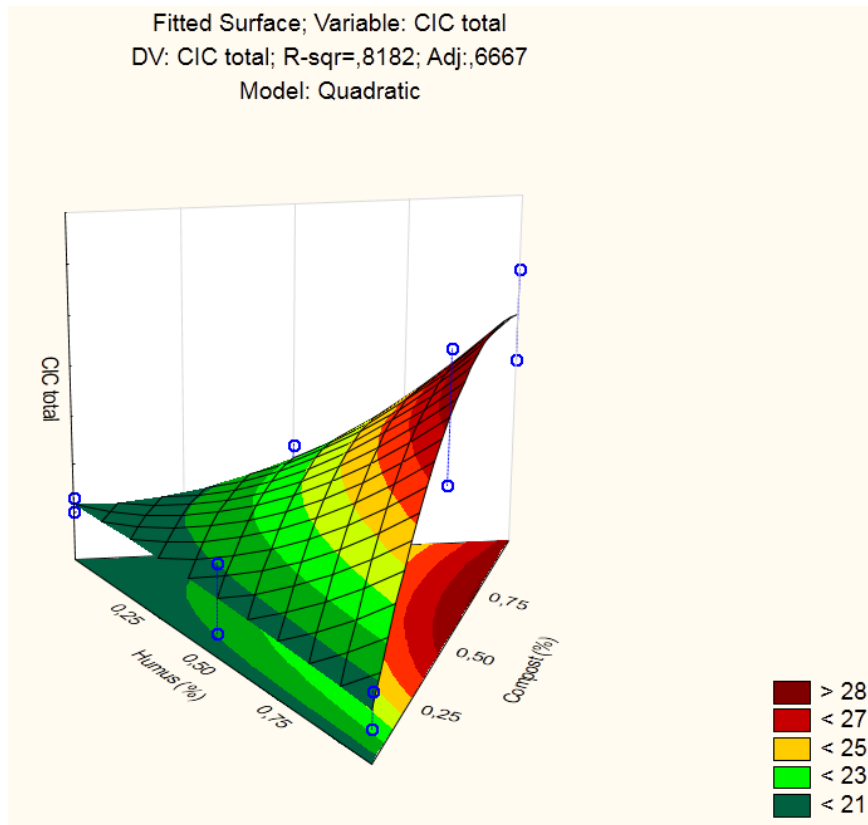


Figura 30. Gráfico de superficie de respuesta de la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.

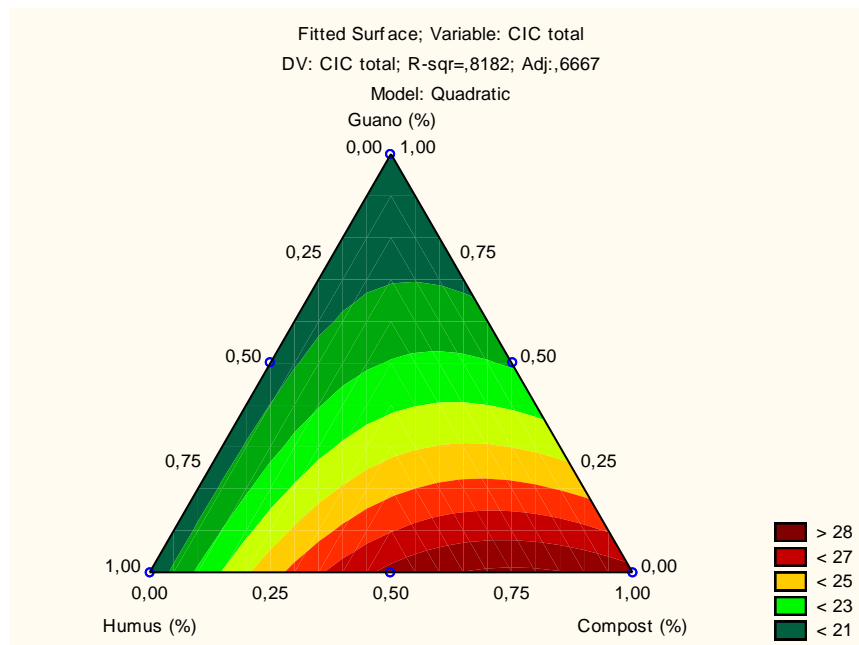


Figura 31. Gráfico de contorno de la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.

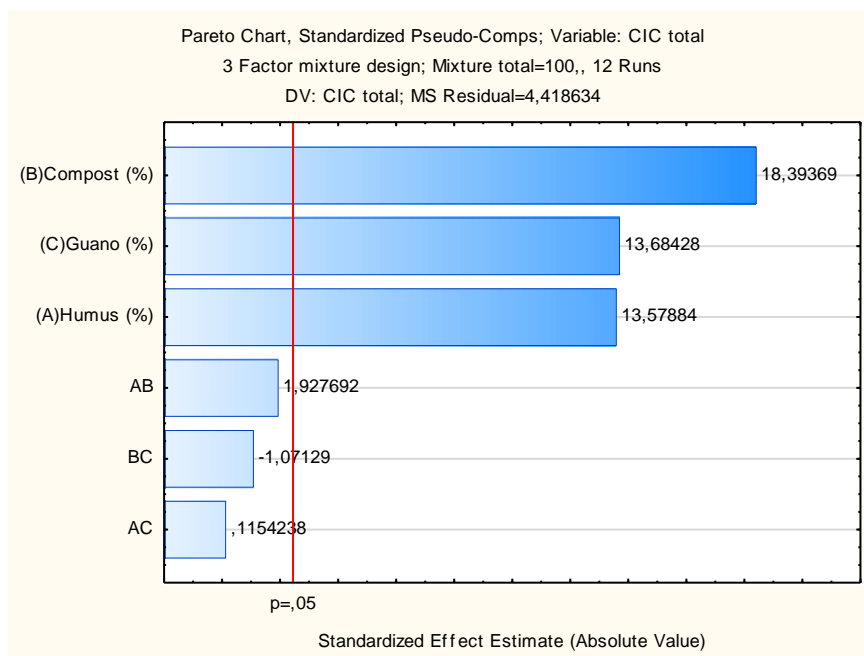


Figura 32. Diagrama de Pareto de la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.

La concentración de calcio en el suelo, luego de la aplicación de las enmiendas orgánicas se muestra en la figura de superficie (figura 33) y de contorno (figura 34). De acuerdo a estas, la aplicación de un 100% de compost (tabla 8) y la combinación de un 25% de humus con 75% de compost, permiten a que el nivel de calcio en suelo aumente a más de 18 Cmol/kg. En cuanto a la cantidad del contenido de calcio que debería tener un suelo; la FAO, (2002) menciona que esta dependerá del tipo de cultivo que se va sembrar; además la manera de detectar una deficiencia de esta, es en la coloración de las plantas ya que estas se tornan a un color amarillento o ennegrecidas que parecen marchitas, o son mal formadas las raíces. Al respecto Gupta et al., (2016) hacen mención que la aplicación de las enmiendas proporciona calcio para reemplazar los iones de sodios solubles; mejorando aún más el proceso, ya que, estas al producir ácidos carbónicos y CO_2 disuelven el CaCO_3 y liberan más calcio, los cuales reemplazan los iones de sodio. La disolución de CaCO_3 se produce principalmente por el ácido carbónico que se produce a partir de la disolución de CO_2 durante la descomposición de la materia orgánica agregada, permitiendo el incremento del calcio en los suelos (Qadir, Noble,

Oster, Schubert, & Ghafoor, 2005). Por otro lado, Casanova, (2005) menciona, para que un suelo tenga buenas condiciones y pueda influenciar positivamente en el desarrollo de las plantas, el contenido de cationes cambiabiles en el suelo debe presentar el siguiente orden: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$.

En cuanto al aumento del calcio en el suelo, después de la aplicación de las enmiendas orgánicas, la que presento una mayor significancia y se encuentra representado en el diagrama de Pareto (figura 35) fue la enmienda del compost, seguido del humus y finalmente el guano.

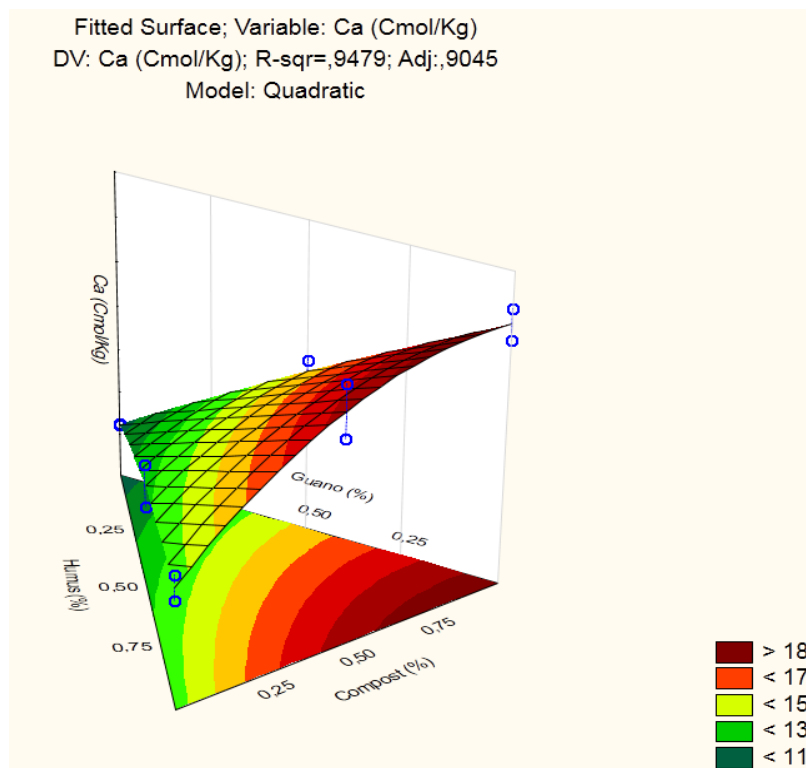


Figura 33. Gráfico de superficie de respuesta del contenido de calcio en el suelo.

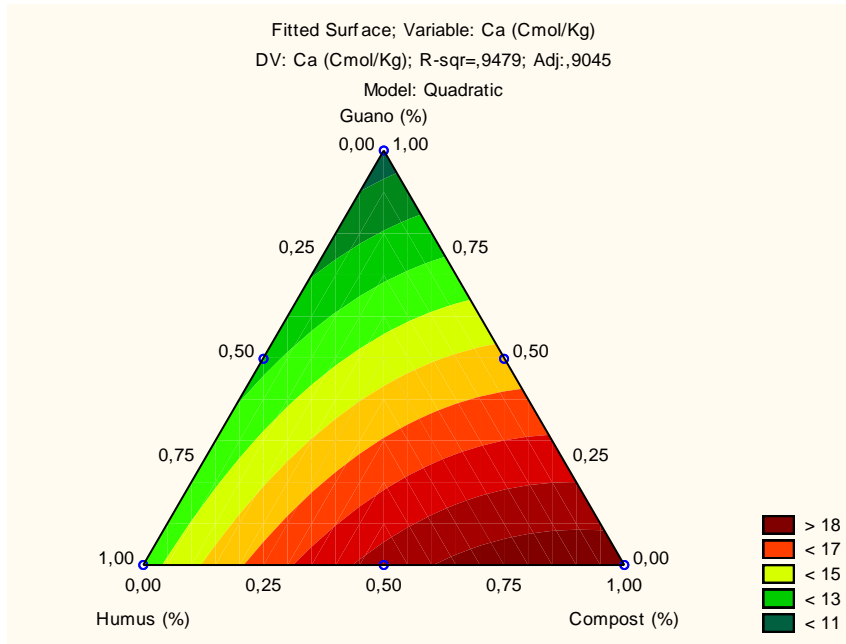


Figura 34. Gráfico de contorno del contenido de calcio en el suelo.

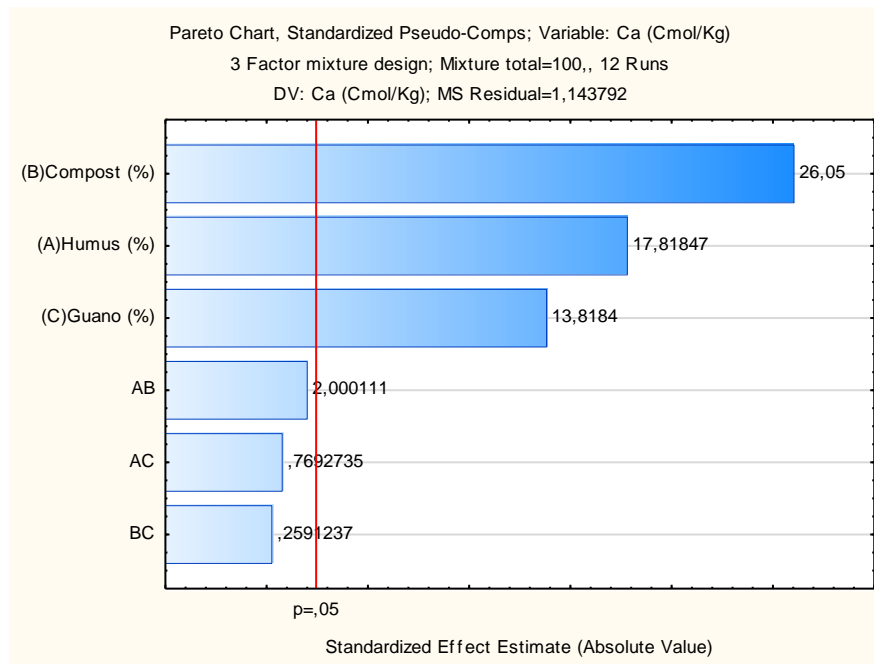


Figura 35. Diagrama de Pareto del contenido de calcio en el suelo.

En las figuras 36 y 37 se muestran la variación del magnesio, luego de haberse aplicado las enmiendas orgánicas al suelo. De estas se evidencian que al aplicar aproximadamente una

concentración de 50% de humus y 50% de compost (tabla 9) el Mg^{2+} alcanza concentraciones mayores a 3, 8 Cmol/Kg; asimismo también nos muestran que si aplicamos combinaciones de 65% de compost y 35% de humus se lograría alcanzar mayores niveles de magnesio en el suelo. En cuanto al nivel de magnesio en el suelo Fox & Piekielek, (1984) mencionan que para los diferentes cultivos agronómicos que se realicen, las concentraciones de magnesio en los suelos varía de 25 a más de 180 ppm; lo cual este representa aproximadamente un 10% de la capacidad de intercambio catiónico que presentan los suelos.

Por otro lado el diagrama de Pareto (figura 38) nos muestra que la enmienda que fue más significativa en el incremento de magnesio del suelo, fue el compost, seguido del humus y el guano; sin embargo las combinaciones de humus y compost también presentaron significancia.

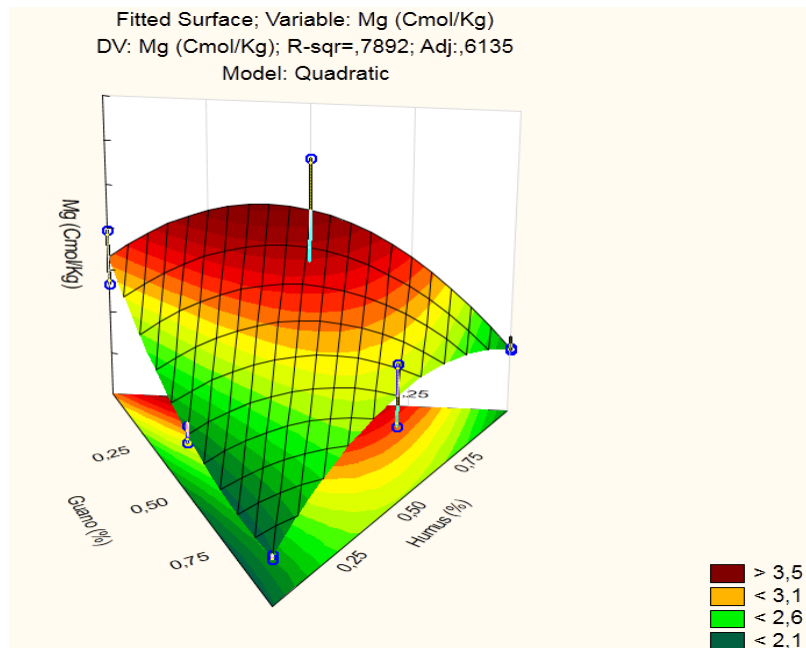


Figura 36. Gráfico de superficie de respuesta del contenido de magnesio en el suelo.

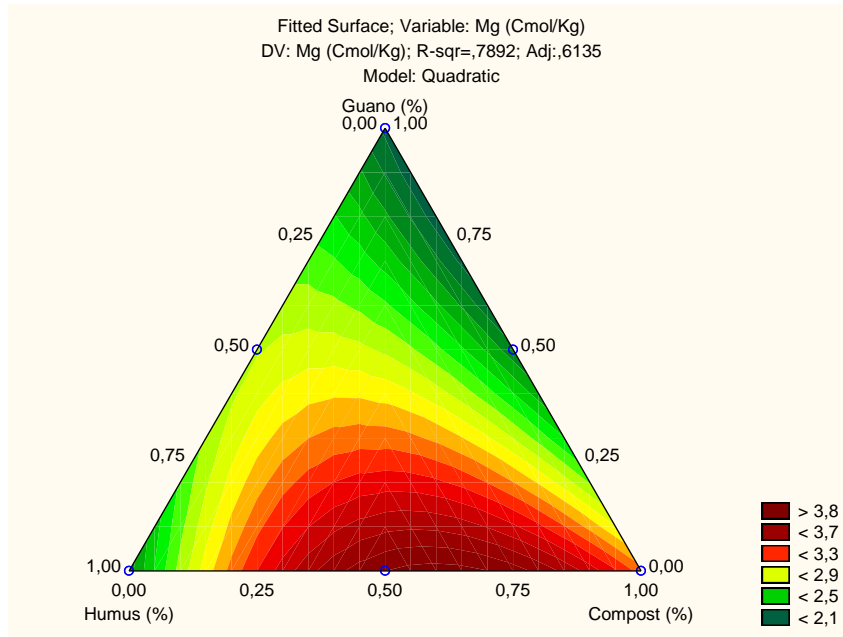


Figura 37. Gráfico de contorno del contenido de magnesio en el suelo.

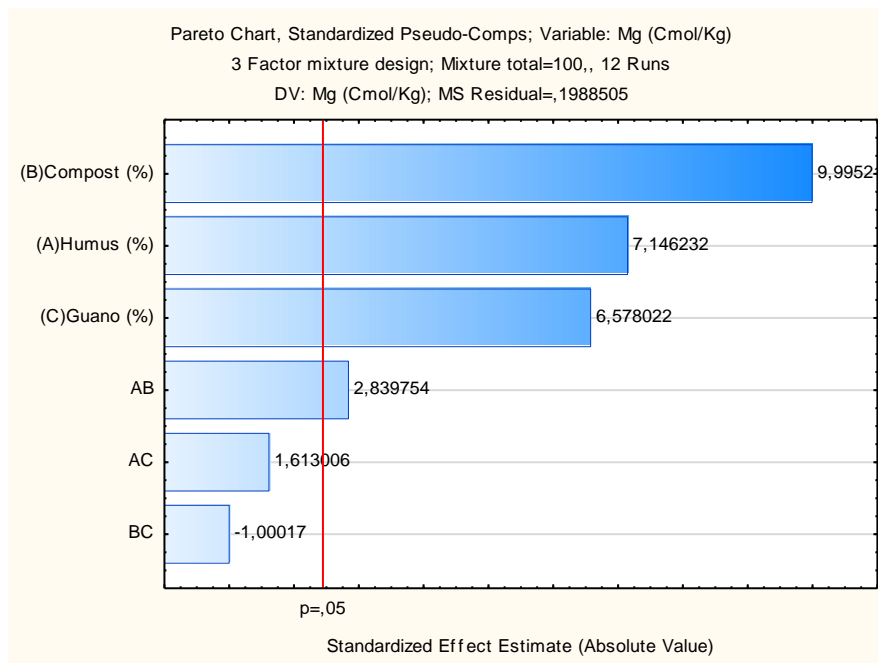


Figura 38. Diagrama de Pareto del contenido de magnesio en el suelo.

Los niveles de sodio alcanzado en el suelo, luego de la aplicación de las enmiendas orgánicas se muestran en la gráfica de superficie (figura 39) y de contorno (figura 40). De las cuales se puede destacar el la menor concentración de Na^+ se obtiene al aplicar una

combinación aproximada de un 25% de guano más un 75% de compost (tabla 12), al realizar esta mezcla el nivel del Sodio desciende a concentraciones menores de 0.16 Cmol/Kg. Al respecto la FAO, (2013) hace mención que para el desarrollo normal de los cultivos, los suelos deben contener niveles de sodio menor de 1.5%, por otro lado la reducción de este se encuentra estrechamente relacionado con el aumento del calcio. Además Toledo, (2017) menciona que el sodio actualmente se acepta que es necesario para las plantas en mínimas concentraciones. En una investigación realizada por Mogollón et al., (2015) llegaron a determinar que la disminución del contenido de Na^+ en un suelo salino, se logra al aplicar concentraciones de enmiendas entre 5% y 10%; debido a que, al ser aplicadas estas enmiendas, aportan grandes cantidades de Ca^{2+} y Mg^{2+} , cationes que sustituyen al Na^+ intercambiable. Asimismo, Lakhdar et al., (2010) determinaron que al agregar materia orgánica al suelo afectado por sales, se promueve una floculación de los minerales arcillosos, formándose una condición esencial, debido a la agregación de partículas y al aumento de los espacios porosos, de tal forma que, estos favorecen el lavado de los iones de Na^+ y por ende la disminución de la CE en los suelos.

En la figura 41 se muestra el diagrama de Pareto; donde se resalta que la enmienda que presento una mayor significancia es el humus; sin embargo como se requiere disminuir el nivel de sodio del suelo, la que mejor contribuiría en este caso es el compost, debido a que nos permitirá tener concentraciones de sodio menores.

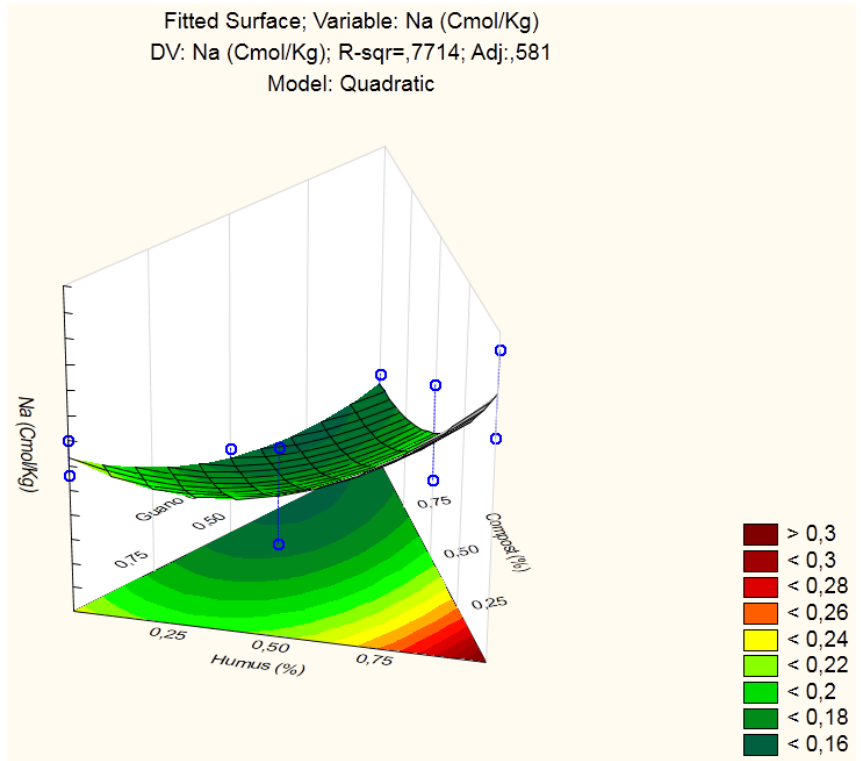


Figura 39. Gráfico de superficie de respuesta del contenido de sodio en el suelo.

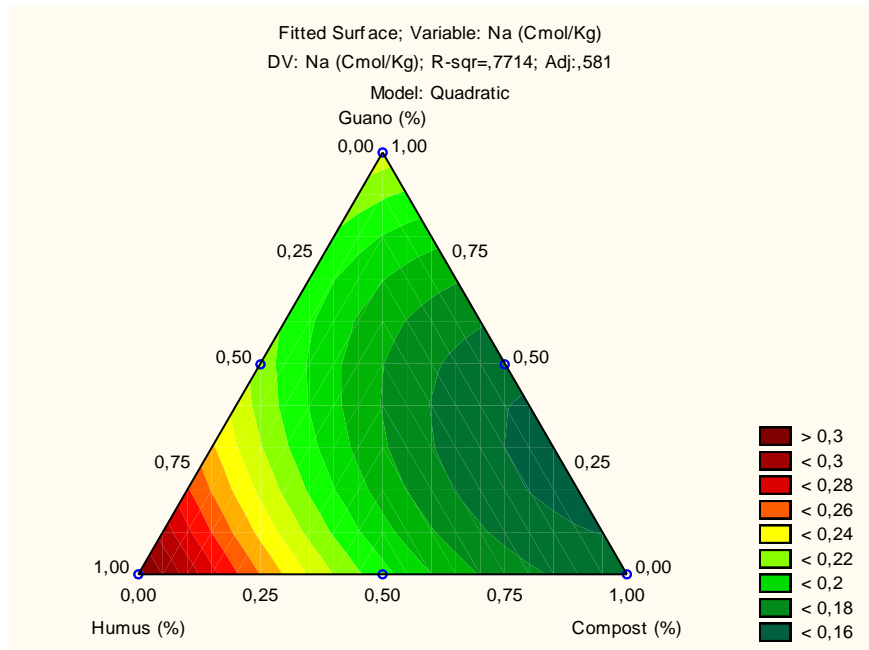


Figura 40. Gráfico de contorno del contenido de sodio en el suelo.

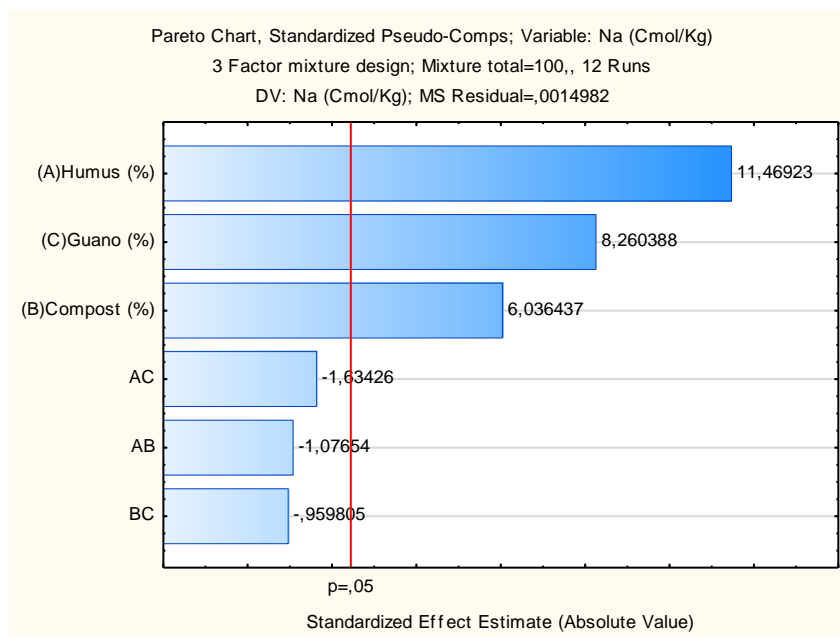


Figura 41. Diagrama de Pareto del Contenido de sodio del suelo

El nivel del potasio en el suelo, tras la aplicación de las enmiendas orgánicas se representan en las figuras de superficie (figura 42) y de contorno (figura 43); estas muestran que el mayor aumento de este se encuentra en la región de color rojo oscuro, lo cual representa a la aplicación de un 100% de guano (tabla 10), la cual permite alcanzar niveles de potasio mayores de 7.5 Cmol/Kg. Cabe destacar que el nivel de potasio en un suelo está relacionado al cultivo que se va a realizar, sin embargo un nivel mayor de 120 ppm, permitiría que estos empiecen a desarrollarse normalmente; ya que este influye directamente en las actividad de fotosíntesis de las plantas, además en el transporte de nitratos y carbohidratos (Toledo, 2017). Lashari et al., (2013) encontraron que, el aumento del potasio en un suelo salino, se encuentra directamente relacionada al alto contenido de K^+ disponible en las enmiendas de compost aplicadas.

El diagrama de Pareto en la figura 44 destaca que la enmienda que presento una mayor influencia en el incremento del potasio del suelo fue el guano, seguido del compost y humus.

Sin embargo, las combinaciones de compost con guano también presentaron significancia en este parámetro.

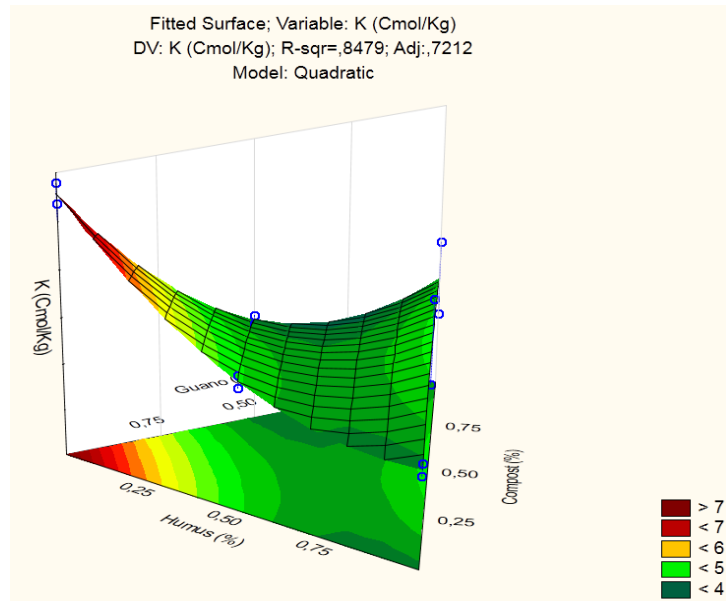


Figura 42. Gráfico de superficie de respuesta del contenido del ion potasio en el suelo.

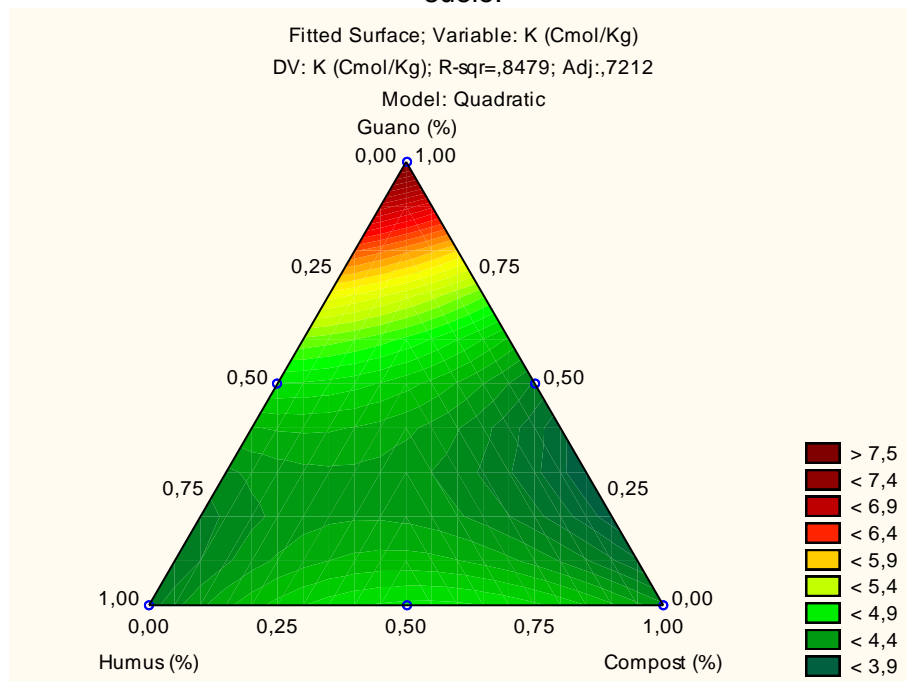


Figura 43. Gráfico de contorno del contenido del ion potasio en el suelo.

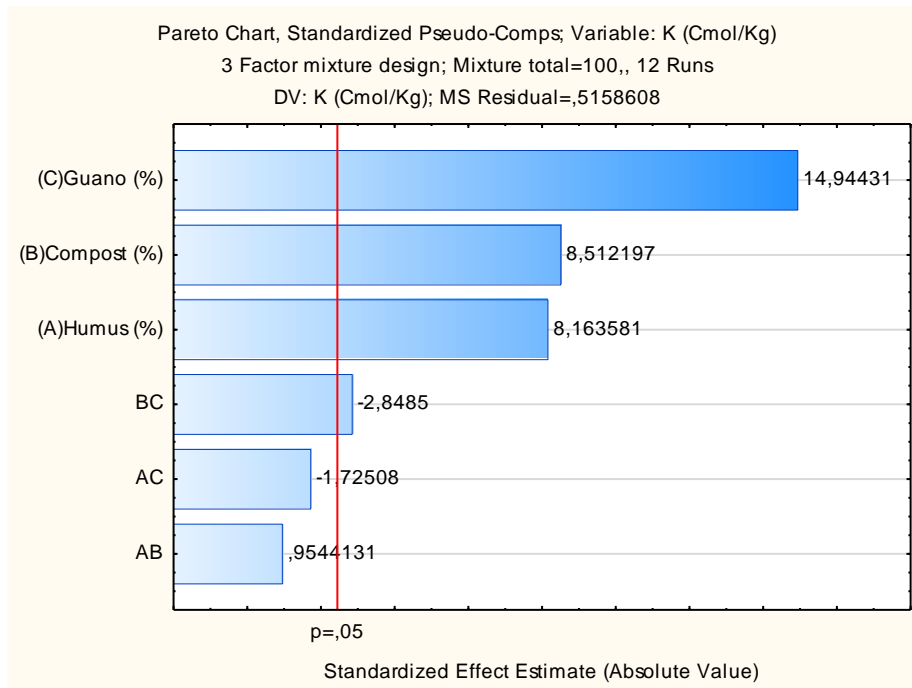


Figura 44. Diagrama de Pareto del ion potasio en el suelo.

Las figuras 45 y 46 muestran el nivel de PSI, después de haberse aplicado las enmiendas de humus, compost y guano. Este parámetro nos permite conocer en qué porcentaje el Na^+ ha sido adsorbido por las partículas del suelo (Marin, Romero, & Sánchez, 2013); en cuanto al nivel inicial del PSI del suelo (Tabla 5) y luego de aplicarse las enmiendas; la enmienda que mejor nos permite disminuir este parámetro es al aplicar 100% de compost (tabla 8); sin embargo si realizamos combinaciones de un 80 % de compost y un 20% de guano, alcanzaríamos niveles de PSI menores de 0,6 % (Figuras 45 y 46). La aplicación combinada de las enmiendas orgánicas es más eficientes en la reducción del porcentaje de sodio intercambiable, debido a la sustitución de iones de sodio intercambiables con iones de calcio (Jalali & Ranjbar, 2009). Mogollón et al., (2015) al aplicar enmiendas orgánicas llegaron a reducir el contenido del PSI, al aplicar en un tratamiento el 50% de la enmienda; a pesar de no alcanzar el nivel del contenido que debe presentar un suelo normal, mencionan que es evidente el beneficio de las enmiendas, ya que toman el papel de amortiguadores de los niveles de Na^+ , incluso en periodos relativamente cortos.

Por otro lado en la figura 47, donde se muestra el diagrama de Pareto, se evidencia que las enmienda que presento una mayor significancia fue el humus, seguido del guano y finalmente el compost. Sin embargo, la enmienda que nos permitiría mejorar el PSI sería en compost, debido a que se requiere de una menor concentración de esta para que un suelo no se vea afectado.

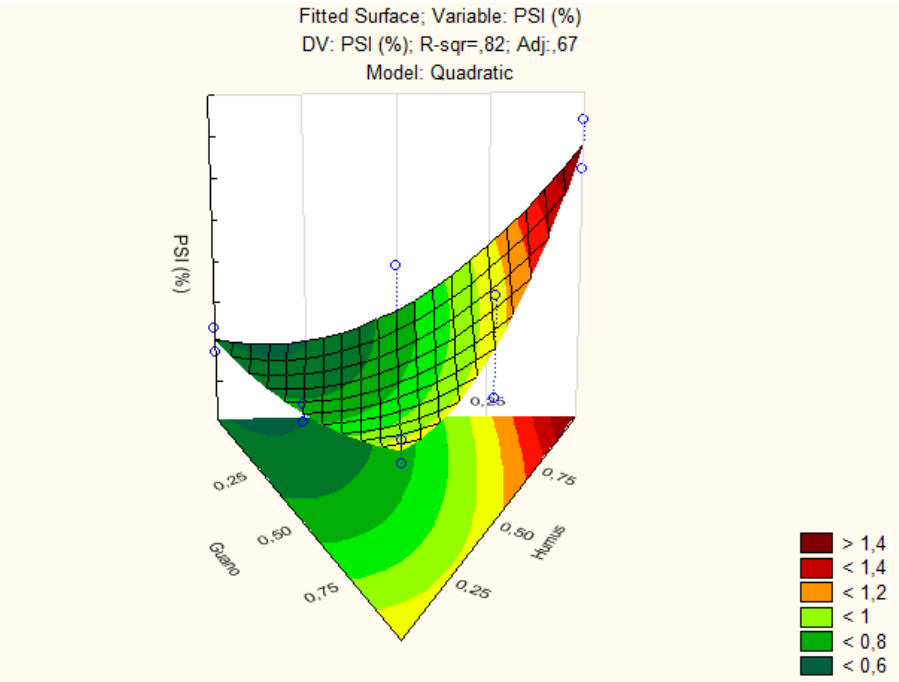


Figura 45. Gráfico de superficie de respuesta del PSI en el suelo.

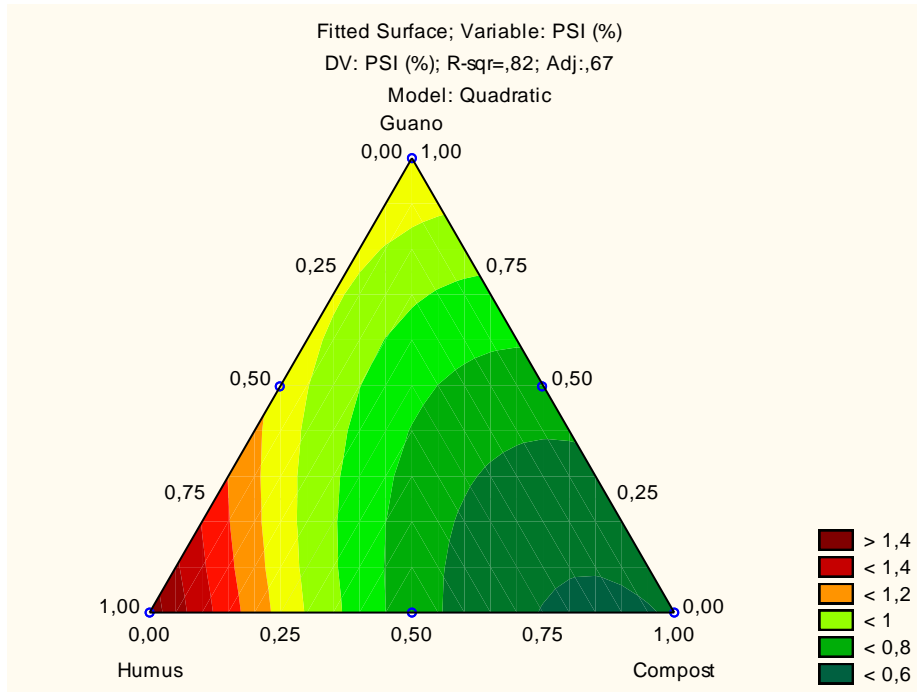


Figura 46. Gráfico de contorno del PSI en el suelo.

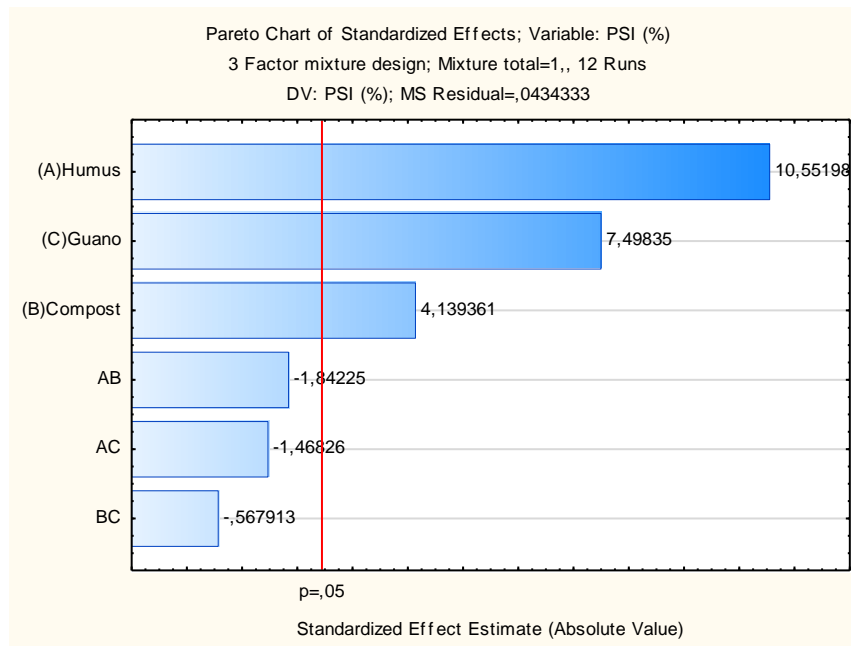


Figura 47. Diagrama de Pareto del PSI en el suelo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El tratamiento con enmiendas orgánicas (Humus, Compost y guano) al suelo salino demostró una eficiencia de aproximadamente de un 60%, en cada uno de los parámetros analizados; destacándose el tratamiento 4; donde se aplicó el 100% de guano.
- El diseño y construcción de las parcelas experimentales, nos permitieron desarrollar y evaluar la influencia de las dosis aplicadas, sobre cada uno de los parámetros analizados en el suelo salino.
- Las concentraciones de CE de las enmiendas orgánicas eran mayor a 4 dS/m; las cuales influenciaron directamente en el incremento de la CE, en cada uno de los tratamientos aplicados., por esa razón la CE fue alta.
- Mediante el diseño de mezclas realizado, se determinó que la dosis del tratamiento 5 fue óptimo en un 57% y la aplicación de guano puro fue de 60%.
- Los parámetros optimizados MO y CIC resultaron en el tratamiento 6 donde se aplicó la dosis de 100% de guano.

5.2. Recomendaciones

- En el caso que se quiera lograr una reducción de la CE, se debe realizar las pruebas con combinaciones que sean mayores de guano (75%) y menores de humus (25%).
- Si se desea realizar la recuperación de un suelo salino, donde los niveles de temperatura sean muy elevadas, se debería realizar la construcción de un buen drenaje, para que al momento de realizar el riego de las parcelas estas permitan la escorrentía de las sales, sino caso contrario están pueden aumentar, por la alta evaporación que se producen en estas zonas.
- Antes de realizar el riego de las parcelas, se debería hacer un análisis del agua que va ser utilizada para regar, de tal forma que se conozca las concentraciones de conductividad eléctrica o sales que esta puede tener; ya que este es uno de los factores que puede influir directamente en la recuperación de un suelo salino.
- Con los resultados obtenidos en la presente investigación, se debería realizar cultivos de espárragos; debido a que no se logró reducir la CE, siendo este tolerable a estas condiciones. En los demás parámetros encontrados se encuentran dentro del rango óptimo, para el buen desempeño de este cultivo.
- La aplicación de las tres enmiendas orgánicas, podemos destacar que es eficiente para recuperar suelos salinos; debido a que es un método de muy bajo costo y pueden realizarlo personas o comunidades que cuenten con recursos económicos bajos.

REFERENCIAS

- Adams, M. (1995). *Fundamentos de química de suelos*. Caracas: Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
- Aguilar, B. (2013). *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas (UF 0001)*. (IC Editorial, Ed.) (1st ed.). Málaga.
- Aitken, R. L., Moody, P. W., & Dickson, T. (1998). Field amelioration of acidic soils in south-east Queensland. I. Effect of amendments on soil properties. *Australian Journal of Agricultural Research*, 49(4), 627. <https://doi.org/10.1071/A97046>
- Alva, C., Alphen, J., Torre, A., & Manrique, L. (1976). *Problemas de drenaje y salinidad en la costa Peruana*. Perú. Retrieved from http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_t4c178ecc_001.pdf
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Lee, S., & Byrne, R. (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology*, 42, S65–S69. <https://doi.org/10.1016/J.EJSOBI.2006.06.004>
- Arbelo, C. D., Mora, J. L., Rodríguez, R., Guerra, J. A., & Armas, C. M. (2006). Salinidad y alcalinidad en suelos de las zonas áridas de tenerife (Islas Canarias). *Edafología*, 13(3). Retrieved from <http://edafologia.ugr.es/Revista/tomo13c/articulo171.pdf>
- Argentel, L., González, L., Ávila, C., & Aguilera, R. (2006). Comportamiento del contenido relativo de agua y la concentración de pigmentos fotosíntesis de variables de trigo cultivado en condiciones salinas. *Cultivos Tropicales*, 27(3). Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215825008>
- Asik, B. B., Turan, M. A., Celik, H., & Katkat, A. V. (2009). Effects of Humic Substances on Plant Growth and Mineral Nutrients Uptake of Wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) Under Conditions of Salinity. *Asian Journal of Crop Science*, 1(2), 87–95.

<https://doi.org/10.3923/ajcs.2009.87.95>

Astolfi, S., Zuchi, S., Neumann, G., Cesco, S., di Toppi, L., & Pinton, R. (2012). Response of barley plants to Fe deficiency and Cd contamination as affected by S starvation. *Journal of Experimental Botany*, 63(3), 1241–1250. <https://doi.org/10.1093/jxb/err344>

Ayyobi, H., Hassanpour, E., Alaqemand, S., Fathi, S., Olfati, J. A., & Peyvast, G. (2014). Vermicompost Leachate and Vermiwash Enhance French Dwarf Bean Yield. *International Journal of Vegetable Science*, 20(1), 21–27. <https://doi.org/10.1080/19315260.2012.753496>

Badia, D. (1992). Suelos afectados por sales, 13. Retrieved from <https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000120/00000090.pdf>

Barrett-Lennard, E. G. (2003). The interaction between waterlogging and salinity in higher plants: causes, consequences and implications. *Plant and Soil*, 253(1), 35–54. <https://doi.org/10.1023/A:1024574622669>

Bhattacharyya, P., Chakrabarti, K., Chakraborty, A., Nayak, D. ., Tripathy, S., & Powell, M. . (2007). Municipal waste compost as an alternative to cattle manure for supplying potassium to lowland rice. *Chemosphere*, 66(9), 1789–1793. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2006.07.062>

Bickelhaupt, D. H. (1989). The Long-Term Effect of a Single Application of Horse Manure on Soil pH. *Tree Planter's Notes*, 40(1), 31–33.

Bonanomi, G., D'Ascoli, R., Antignani, V., Capodilupo, M., Cozzolino, L., Marzaioli, R., ... Zoina, A. (2011). Assessing soil quality under intensive cultivation and tree orchards in Southern Italy. *Applied Soil Ecology*, 47(3), 184–194. <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2010.12.007>

Bonanomi, G., D'Ascoli, R., Scotti, R., Gaglione, S. A., Caceres, M. G., Sultana, S., ... Zoina,

- A. (2014). Soil quality recovery and crop yield enhancement by combined application of compost and wood to vegetables grown under plastic tunnels. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 192, 1–7. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2014.03.029>
- Borroto, M., Borges, O., Gell, P., Saiz, J., & Mendez, A. (1997). Plantas tolerantes a la salinidad. *Agrotecnia de Cuba*, 27(1). Retrieved from <https://biblat.unam.mx/fr/revista/agrotecnia-de-cuba/articulo/plantas-tolerantes-a-la-salinidad-en-cuba>
- Bot, A., & Benites, J. (2005). *The importance of soil organic matter*. Roma. Retrieved from <http://www.fao.org>
- Botella, M. Las plantas, Efecto de la salinidad sobre las plantas 2 (2017). Retrieved from http://www.oupe.es/es/mas-areas-educacion/secundaria/ciencias-de-la-naturaleza/proyadarvecienciasnaturalezaandalucia/Galeria documentos/CCNN_1 ESO_AND_interiores.pdf
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2). <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Campoverde, L., & Fukushima, M. (2011). Evaluación de áreas agrícolas con problemas de salinización para uso potencial en acuicultura en valle bajo del río Santa. *Pueblo Cont*, 22(2). Retrieved from <http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/viewFile/434/399>
- Casanova, E. (2005). *Introducción a la ciencia del suelo* (2nd ed.). Caracas. Retrieved from https://books.google.com.pe/books/about/Introducción_a_la_ciencia_del_suelo.html?id=k4FXuHW1ozQC&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

- Casas, R. (2011). *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas*. España: Paraninfo.
- Celik, H., Katkat, A., Bülent, A., & Turan, M. (2010). Effects of humus on growth and nutrient uptake of maize under saline and calcareous soil conditions. *Žemdirbystė (Agriculture)*, 97(4), 15–22. Retrieved from [http://zemdirbyste-agriculture.lzi.lt/97\(4\)tomas/97_4_tomas_str2.pdf%5Cnhttp://www.lzi.lt/tomai/97\(4\)tomas/97_4_tomas_str2.pdf](http://zemdirbyste-agriculture.lzi.lt/97(4)tomas/97_4_tomas_str2.pdf%5Cnhttp://www.lzi.lt/tomai/97(4)tomas/97_4_tomas_str2.pdf)
- Chahal, S., Choudhary, O., & Mavi, M. (2017). Organic amendments decomposability influences microbial activity in saline soils. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(13), 1875–1888. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1308491>
- Chandra, S., Joshi, H. C., Pathak, H., Jain, M. C., & Kalra, N. (2002). Effect of potassium salts and distillery effluent on carbon mineralization in soil. *Bioresource Technology*, 83(3). Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12094803>
- Chang, E.-H., Chung, R.-S., & Tsai, Y.-H. (2007). Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial population. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53(2), 132–140. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00122.x>
- Chen, J., Zong, J., Gao, Y., Chen, Y., Jiang, Q., Zheng, Y., & Liu, J. (2014). Genetic variation of salinity tolerance in Chinese natural bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) germplasm resources. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B— Soil & Plant Science*, 64(5). <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.919349>
- Clark, G. J., Dodgshun, N., Sale, P. W. G., & Tang, C. (2007). Changes in chemical and biological properties of a sodic clay subsoil with addition of organic amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(11), 2806–2817. <https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2007.06.003>
- Crecchio, C., Curci, M., Mininni, R., Ricciuti, P., & Ruggiero, P. (2001). Short-term effects of

- municipal solid waste compost amendments on soil carbon and nitrogen content, some enzyme activities and genetic diversity. *Biology and Fertility of Soils*, 34(5), 311–318. <https://doi.org/10.1007/s003740100413>
- Damian, M., Gonzàles, F., Quiñones, P., & Teran, J. (2018). Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. *Arnaldoa*, 1(25). <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>
- De Haan, S. (1981). Results of municipal waste compost* research over more than fifty years at the Institute for Soil Fertility at Haren/Groningen, the Netherlands. *Neth. J. Agric*, 29. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/218395>
- De las Heras, J., Fabeiro, C., & Meco, R. (2003). *Fundamentos de agricultura ecológica: realidad actual y perspectivas*. España: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- De León, F., Hernández, M., Etchevers, J. D., Payán, F., & Ordaz, V. (2000). Short-term compost effect on macroaggregation in a sandy soil under low rainfall in the valley of Mexico. *Soil & Tillage Research*, 56. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/4528/19a8c3229aa35b057389eb78012d8842f9b1.pdf>
- de Varennes, A., Cunha-Queda, C., & Qu, G. (2010). Amendment of an Acid Mine Soil with Compost and Polyacrylate Polymers Enhances Enzymatic Activities but may Change the Distribution of Plant Species. *Water, Air, and Soil Pollution*, 208(1–4). <https://doi.org/10.1007/s11270-009-0151-4>
- Dodd, K., Guppy, C., Lockwood, P., & Rochester, I. (2013). The effect of sodicity on cotton: Does soil chemistry or soil physical condition have the greater role? *Crop and Pasture Science*, 64(8). <https://doi.org/10.1071/CP13078>
- Domènech, X., & Peral, J. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. España: Editorial

Reverté.

Domínguez, R., Del Campillo, C., Pena, F., & Delgado, A. (2001). Effect of Soil Properties and Reclamation Practices on Phosphorus Dynamics in Reclaimed Calcareous Marsh Soils from the Guadalquivir Valley, SW Spain. *Arid Land Research and Management*, 15(3). <https://doi.org/10.1080/15324980152119775>

Dubey, S. K., & Mondal, R. C. (1993). Sodic soil reclamation with saline water in conjunction with organic and inorganic amendments. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 7(3), 219–231. <https://doi.org/10.1080/15324989309381352>

Fall, D., Bakhoun, N., Fall, F., Diouf, F., Ndiaye, C., Faye, M. N., ... Diouf, D. (2018). Effect of peanut shells amendment on soil properties and growth of seedlings of *Senegalia senegal* (L.) Britton, *Vachellia seyal* (Delile) P. Hurter, and *Prosopis juliflora* (Swartz) DC in salt-affected soils. *Annals of Forest Science*, 75(1), 32. <https://doi.org/10.1007/s13595-018-0714-x>

FAO. (2013). *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas practicas agrícolas*. Paraguay.

Fassbender, H. W., & Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Fox, R. H., & Piekielek, W. P. (1984). Soil magnesium level, corn (*Zea mays* L.) yield, and magnesium uptake. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15(2), 109–123. <https://doi.org/10.1080/00103628409367459>

Frossard, E., Skrabal, P., Sinaj, S., Bangerter, F., & Traore, O. (2002). Forms and exchangeability of inorganic phosphate in composted solid organic wastes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 62(2). <https://doi.org/10.1023/A:1015596526088>

García, M., & Jáuregui, D. (2008). Efecto de la Salinización con NaCl o Na₂SO₄ sobre la

anatomia foliar en dos genotipos de caña de azúcar (*Saccharum SPP.*) con tolerancia salina diferencial. *Ernstia*, 18(1). Retrieved from http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_erns/article/view/692/638

Gharaibeh, M. A., Eltaif, N. I., & Albalasmeh, A. A. (2011). Reclamation of Highly Calcareous Saline Sodic Soil Using *Atriplex Halimus* and by-Product Gypsum. *International Journal of Phytoremediation*, 13(9), 873–883. <https://doi.org/10.1080/15226514.2011.573821>

González, S., Jorge, I., Carrero, B., de la Cruz, M., & Casermeiro, M. (2012). Soil organic matter evolution after the application of high doses of organic amendments in a Mediterranean calcareous soil. *Journal of Soils and Sediments*, 12(8), 1257–1268. <https://doi.org/10.1007/s11368-012-0516-y>

Gupta, M., Srivastava, P. K., Shikha, Niranjana, A., & Tewari, S. K. (2016). Use of a Bioaugmented Organic Soil Amendment in Combination with Gypsum for *Withania somnifera* Growth on Sodic Soil. *Pedosphere*, 26(3). [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60044-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60044-3)

Hadas, A. (1976). Water Uptake and Germination of Leguminous Seeds Under Changing External Water Potential in Osmotic Solutions. *Journal of Experimental Botany*, 27(98). <https://doi.org/10.2307/23688774>

Hadas, A., Kautsky, L., & Portnoy, R. (1996). Mineralization of composted manure and microbial dynamics in soil as affected by long-term nitrogen management. *Soil Biology and Biochemistry*, 28(6). [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(95\)00179-4](https://doi.org/10.1016/0038-0717(95)00179-4)

Hao, X., & Chang, C. (2003). Does long-term heavy cattle manure application increase salinity of a clay loam soil in semi-arid southern Alberta? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 94(1), 89–103. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00008-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00008-7)

Hao, Godlinski, & Chang. (2008). Distribution of Phosphorus Forms in Soil Following Long-term

Continuous and Discontinuous Cattle Manure Applications. *Soil Science Society of America Journal*. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300855237>

Havlin, J., Beaton, J., Tisdale, S., & Nelson, W. (2005). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (6th ed.). USA.

Hopkins, B., & Ellsworth, J. (2005). PHOSPHORUS AVAILABILITY WITH ALKALINE/CALCAREOUS SOIL. *Salt Lake City, UT*, 6. Retrieved from [http://research.ipni.net/research/nap.nsf/0/643050167e9c478d85257bce00586e59/\\$FILE/ID-06F.Hopkins.WNMC2005.pdf](http://research.ipni.net/research/nap.nsf/0/643050167e9c478d85257bce00586e59/$FILE/ID-06F.Hopkins.WNMC2005.pdf)

Hussein, K., & Hassan, A. (2011). Effect of Different Levels of Humic Acids on the Nutrient Content, Plant Growth, and Soil Properties under Conditions of Salinity. *Soil & Water*, 1, 21–29. <https://doi.org/doi.org/10.17221/4/2010-SWR>

Iglesias-Jimenez, E., & Alvarez, C. E. (1993). Apparent availability of nitrogen in composted municipal refuse. *Biology and Fertility of Soils*, 16(4). <https://doi.org/10.1007/BF00369312>

Jalali, M., & Ranjbar, F. (2009). Effects of sodic water on soil sodicity and nutrient leaching in poultry and sheep manure amended soils. *Geoderma*, 153(1–2), 194–204. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2009.08.004>

Ju, X. T., Kou, C. L., Christie, P., Dou, Z. X., & Zhang, F. S. (2007). Changes in the soil environment from excessive application of fertilizers and manures to two contrasting intensive cropping systems on the North China Plain. *Environmental Pollution*, 145(2), 497–506. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2006.04.017>

Kahlowan, M. A., & Azam, M. (2002). Individual and combined effect of waterlogging and salinity on crop yields in the Indus basin. *Irrigation and Drainage*, 51(4), 329–338. <https://doi.org/10.1002/ird.62>

- Kapur, M., Ranjana, B., Pandey, G., Pandey, J., Paul, D., & Jain, R. K. (2010). A case study for assessment of microbial community dynamics in genetically modified Bt cotton crop fields. *Current Microbiology*, *61*(2), 118–124. <https://doi.org/10.1007/s00284-010-9585-6>
- Khaleel, R., Reddy, K. R., & Overcash, M. R. (1981). Changes in Soil Physical Properties Due to Organic Waste Applications: A Review. *J. Environ.* , *19*(2). Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/844f/754a65f605933677804a81225b233b36eb14.pdf>
- Lakhdar, A., Hafsi, C., Rabhi, M., Debez, A., Montemurro, F., Abdelly, C., ... Ouerghi, Z. (2008a). Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of saline water in *Hordeum maritimum* L. *Bioresource Technology*, *99*(15). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.12.071>
- Lakhdar, A., Hafsi, C., Rabhi, M., Debez, A., Montemurro, F., Abdelly, C., ... Ouerghi, Z. (2008b). Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of saline water in *Hordeum maritimum* L. *Bioresource Technology*, *99*(15), 7160–7167. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2007.12.071>
- Lakhdar, A., Rabhi, M., Ghnaya, T., Montemurro, F., Jedidi, N., & Abdelly, C. (2009). Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Journal of Hazardous Materials*, *171*(1–3), 29–37. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2009.05.132>
- Lakhdar, Scelza, Scotti, Rao, Jedidi, Gianfreda, & Abdelly. (2010). The Effect Of Compost And Sewage Sludge On Soil Biologic Activities In Salt Affected Soil. *Revista de La Ciencia Del Suelo Y Nutrición Vegetal*, *10*(1), 40–47. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912010000100005>
- Larney, F. J., & Angers, D. A. (2012). The role of organic amendments in soil reclamation: A review. *Canadian Journal of Soil Science*, *92*(1). <https://doi.org/10.4141/cjss2010-064>
- Lashari, M. S., Liu, Y., Li, L., Pan, W., Fu, J., Pan, G., ... Yu, X. (2013). Effects of amendment

- of biochar-manure compost in conjunction with pyroligneous solution on soil quality and wheat yield of a salt-stressed cropland from Central China Great Plain. *Field Crops Research*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.11.015>
- Lawson, J., Madrigal, J., & Erjavec, J. (1992). *Estrategias experimentales para el mejoramiento de la calidad en la industria*. Mexico: Iberoamerica.
- Leidi, E. O., & Pardo, J. M. (2002). Tolerancia de los cultivos al estrés salino. *Revista de Investigación de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 2(2). Retrieved from [http://rehiph.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/648/Tolerancia de los cultivos al estrés salino.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://rehiph.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/648/Tolerancia%20de%20los%20cultivos%20al%20estr%C3%A9s%20salino.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Leogrande, R., & Vitti, C. (2018). Use of organic amendments to reclaim saline and sodic soils: a review. *Arid Land Research and Management*, 0(0), 1–21. <https://doi.org/10.1080/15324982.2018.1498038>
- López del Pino, S., & Martín, S. (2017). *Elaboración de inventarios de focos contaminantes* (5.0). España.
- Lovelli, S., Scopa, A., Perniola, M., Tommaso, T. Di, & Sofo, A. (2012). Abscisic acid root and leaf concentration in relation to biomass partitioning in salinized tomato plants. *Journal of Plant Physiology*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2011.09.009>
- Luna-Guido, M. L., Beltrán-Hernández, R. I., Solís-Ceballos, N. ., Hernández-Chávez, N., Mercado-García, F., Catt, J. A., ... Dendooven, L. (2000). Chemical and biological characteristics of alkaline saline soils from the former Lake Texcoco as affected by artificial drainage. *Biology and Fertility of Soils*, 32(2). <https://doi.org/10.1007/s003740000223>
- Luna, L., Pastorelli, R., Bastida, F., Hernández, T., García, C., Miralles, I., & Solé-Benet, A. (2016). The combination of quarry restoration strategies in semiarid climate induces different responses in biochemical and microbiological soil properties. *Applied Soil*

Ecology, 107. <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2016.05.006>

Lutenberg, O., & Mashav, I. (2012). La Salinidad y su Influencia en Suelos y Plantas. Retrieved March 15, 2019, from <http://www.ana.gob.pe/media/496359/salinidad.pdf>

Madejón, E., Burgos, P., López, R., & Cabrera, F. (2001). Soil enzymatic response to addition of heavy metals with organic residues. *Biology and Fertility of Soils*, 34(3), 144–150. <https://doi.org/10.1007/s003740100379>

Madueño, A, García, D., Martínez, J., & Rubio, C. (2006). Germination and Development of Frijolillo *Rhynchosia minima* (L) DC in Conditions of Salinity. *TERRA Latinoamericana* , 24(1). Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/573/57311494006.pdf>

Mahdy, A. M. (2011). Comparative Effects of Different Soil Amendments on Amelioration of Saline-Sodic Soils. *Soil & Water Res*, 6(4), 205–216. Retrieved from https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/11_2011-SWR.pdf

Marin, P., Romero, A., & Sánchez, A. (2013). Influencia del porcentaje de sodio intercambiable en los procesos de erosión subsuperficial (piping). *Revista de La Sociedad Española de Minerología*, 35(2), 237–253. Retrieved from http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla17/Macla17_065.pdf

Márquez, J. (2013). *Biología de angiospermas*. (Editores Asociados, Ed.). México.

Meena, M., Joshi, P., Jat, H., Chinchmalatpure, A., Narjary, B., Sheoran, P., & Sharma, D. (2016). Changes in biological and chemical properties of saline soil amended with municipal solid waste compost and chemical fertilizers in a mustard–pearl millet cropping system. *CATENA*, 140, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.009>

Meena, & Biswas. (2013). Residual effect of rock phosphate and waste mica enriched compost on yield and nutrient uptake by Soybean. *Legume Research*, 36(5), 406–413.

Metternicht, G. I., & Zinck, J. A. (2009). *Remote sensing of soil salinization: impact on land*

management. CRC Press. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=npE08EMjJ1sC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Mingorance, M. D., Rossini Oliva, S., Valdés, B., Pina Gata, F. J., Leidi, E. O., Guzmán, I., & Peña, A. (2014). Stabilized municipal sewage sludge addition to improve properties of an acid mine soil for plant growth. *Journal of Soils and Sediments*, 14(4), 703–712. <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0743-x>

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2017). Aprovechamiento de los recursos hídricos para uso agrario. Retrieved May 20, 2018, from <http://minagri.gob.pe/portal/download/programas-presupuestales/inf-programa/anexo2-pp42-2017.pdf>

Ministerio de agricultura y riego (MINAGRI), & Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI). (2016). *Programa presupuestal multisectorial 0089: "Reducción de la degradación de los suelos agrarios"*; Lima. Retrieved from <http://minagri.gob.pe/portal/download/programas-presupuestales/inf-programa/anexo2-pp89-2017.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía para muestreo de suelo*.

Mkhabela, M. S., & Warman, P. R. (2005). The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 106(1), 57–67. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2004.07.014>

Mogollón, J., Martínez, A., & Torres, D. (2015). Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Biochemistry and Hydrology Acta Agron*, 64(4), 315–320.

<https://doi.org/10.15446/acag.v64n4.47115>

Mogollón Sandoval, J. P., Martínez, A. E., & Torres, D. G. (2015). Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Acta Agronómica*, 64(4). <https://doi.org/10.15446/acag.v64n4.47115>

Moreno, L. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 27(2). Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11131>

Muhammad, S., Müller, T., & Joergensen, R. G. (2007). Compost and P amendments for stimulating microorganisms and maize growth in a saline soil from Pakistan in comparison with a nonsaline soil from Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(6). <https://doi.org/10.1002/jpln.200625122>

Navarro, G., & Navarro, S. (2013). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas* (3rd ed.). España: Mundi-Prensa.

Núñez, J. (1981). *Fundamentos de Edafología* (1st ed.). Costa Rica.

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, (ONERN). (1970). Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la costa: cuenca del río Cañete. *Autoridad Nacional Del Agua*. Retrieved from <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/971>

OMARI, R. A., AUNG, H. P., HOU, M., YOKOYAMA, T., ONWONA-AGYEMAN, S., OIKAWA, Y., ... BELLINGRATH-KIMURA, S. D. (2016). Influence of Different Plant Materials in Combination with Chicken Manure on Soil Carbon and Nitrogen Contents and Vegetable Yield. *Pedosphere*, 26(4), 510–521. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60061-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60061-3)

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2002). *Los fertilizantes y su uso* (4th ed.). Paris.

- Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura [FAO]. (2016). *Estado mundial del recurso suelo*. Roma.
- Ouédraogo, E., Mando, A., & Zombré, N. P. (2001). Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 84(3), 259–266. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00246-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00246-2)
- Ouni, Y., Lakhdar, A., Scelza, R., Scotti, R., Abdelly, C., Barhoumi, Z., & Rao, M. A. (2013). Effects of two composts and two grasses on microbial biomass and biological activity in a salt-affected soil. *Ecological Engineering*, 60, 363–369. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2013.09.002>
- Potters, G., Pasternak, T., Guisez, Y., Palme, K. J., & Jansen, M. A. (2007). Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble? *Trends in Plant Science*, 12(3). <https://doi.org/10.1016/J.TPLANTS.2007.01.004>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2010). *Perspectivas del medio ambiente: América Latina y El Caribe*. Panama. Retrieved from http://www.paho.org/mex/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=promocion-de-la-salud-y-reduccion-de-riesgos&alias=377-perspectiva-del-medio-ambiente-america-latina-y-el-caribe&Itemid=493
- Qadir, M., Noble, A. D., Oster, J. D., Schubert, S., & Ghafoor, A. (2005). Driving forces for sodium removal during phytoremediation of calcareous sodic and saline-sodic soils: a review. *Soil Use and Management*, 21(2), 173–180. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2005.tb00122.x>
- Ramirez, P. (2016). *Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos de la cancha publica de golf - San Bartolo, Lima*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Retrieved from

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

Ramírez, W., & Hernández, L. (2016). Tolerancia a la salinidad en especies. *Pastos Y Forrajes*, 39(4). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/313200525_Tolerancia_a_la_salinidad_en_especies_cespitosas_Salinity_tolerance_in_turfgrass_species

Ramos Olmos, R., Sepúlveda Marqués, R., & Villalobos Moreto, F. (2002). *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis*. California, Estados Unidos. Retrieved from https://books.google.com.pe/books?id=b8I-xhCHPEYC&printsec=frontcover&dq=agua&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiXqPK4z-_ZAhUG2VMKHYmmBfw4HhDoAQg0MAM#v=onepage&q=agua&f=false

Rengasamy, P. (2014). World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, 57(5). <https://doi.org/10.1093/jxb/erj108>

Roy, S., & Chakraborty, U. (2014). Salt tolerance mechanisms in Salt Tolerant Grasses (STGs) and their prospects in cereal crop improvement. *Botanical Studies*, 55(1). <https://doi.org/10.1186/1999-3110-55-31>

Rush, D., & Epstein, E. (1980). Breeding and selection for salt tolerance by the incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 106(6). Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19821972419>

Salim, M., & Pitman, M. (1983). Effects of Salinity on Ion Uptake and Growth of Mung Bean Plants (*Vigna radiata* L.). *Australian Journal of Plant Physiology*, 10(5). <https://doi.org/10.1071/PP9830395>

Sanyal, S. K., & De Datta, S. K. (1991). Chemistry of Phosphorus Transformations in Soil.

Advances in Soil Science, 16. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3144-8_1

Schulz, H., & Glaser, B. (2012). Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(3), 410–422. <https://doi.org/10.1002/jpln.201100143>

Serrato, R., Ortíz, A., Dimas, J., & Berúmen, S. (2002). Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México. *Terra Latinoamericana*, 20(3). Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/573/57320312/>

Shao, H., Chu, L., Jaleel, C., & Zhao, C. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies*, 331(3). <https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.01.002>

Sierra, C., Lancelloti, A., & Vidal, I. (2007). Azufre Elemental como Corrector del pH y la Fertilidad de Alfunos Suelos de la III y IV Región de Chile. *Agricultura Técnica*, 67(2), 173–181. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072007000200007>

Singh, S., Parkash, O., & Singh, M. (2017). Organic amendments decomposability influences microbial activity in saline soils. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(13), 1875–1888. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1308491>

Singh, Singh, & Tuli. (2013). Sodic soil reclamation potential of *Jatropha curcas*: A long-term study. *Ecological Engineering*, 58, 434–440. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.006>

Soil Science Society of America. (2008). *Glossary of Soil Science Terms*. United States of America.

Stehouwer, R. C., & Macneal, K. (2003). Use of Yard Trimmings Compost For Restoration Of Saline Soil Incineration Ash. *Compost Science & Utilization*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/1065657X.2003.10702109>

- Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J. L., & Hernandez, M. T. (2006). Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(6), 1413–1421. <https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2005.10.017>
- Toledo, M. (2017). *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras* (1st ed.). Honduras.
- Torres, A., & Acevedo, E. (2008). El Problema De Salinidad En Los Recursos Suelo Y Agua Que Afectan El Riego Y Cultivos En Los valles de Lluta y Azapa en el Norte de Chile. *Idesia*, 26(3). <https://doi.org/10.4067/S0718-34292008000300004>
- Turan, M. A., Asik, B. B., Katkat, A. V., & Çelik, H. (2011). The Effects of Soil-Applied Humic Substances to the Dry Weight and Mineral Nutrient Uptake of Maize Plants under Soil-Salinity Conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1), 171. <https://doi.org/10.15835/nbha3915812>
- Vijayasatya, N., David, M., & Jirka, S. (2015). Leaching and reclamation of a biochar and compost amended saline–sodic soil with moderate SAR reclaimed water. *Agricultural Water Management*, 158, 255–265. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2015.05.016>
- Walker, D. J., & Bernal, M. P. (2005). Plant Mineral Nutrition and Growth in a Saline Mediterranean Soil Amended with Organic Wastes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35(17–18), 2495–2514. <https://doi.org/10.1081/LCSS-200030347>
- Walker, D. J., & Bernal, M. P. (2008a). The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresource Technology*, 99(2). <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2006.12.006>
- Walker, D. J., & Bernal, M. P. (2008b). The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresource*

- Technology*, 99(2), 396–403. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2006.12.006>
- Walter, I., Martínez, F., & Cuevas, G. (2006). Plant and Soil Responses to the Application of Composted MSW in a Degraded, Semiarid Shrubland in Central Spain. *Compost Science & Utilization*, 14(2), 147–154. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2006.10702276>
- Wicke, B., Smeets, E., Dornburg, V., Vashev, B., Gaiser, T., Turkenburg, W., & Faaij, A. (2011). The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils. *Energy & Environmental Science*, 4(8), 2669. <https://doi.org/10.1039/c1ee01029h>
- Wilches, A., Álvarez, J., & Balaguera, H. (2008). Tamaños De Alvéolo Y Diferentes Plántulas De Tomate Alveolus Size and Different Watering Levels in the Production. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 11, 11(2).
- Xie, X., Pu, L., Shen, H., Wang, X., Zhu, M., Ge, Y., & Sun, L. (2019). Effects of soil reclamation on the oat cultivation in the newly reclaimed coastal land, eastern China. *Ecological Engineering*, 129, 115–122. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2019.01.019>
- Yadav, R. L., Suman, A., Prasad, S. R., & Prakash, O. (2009). Effect of *Gluconacetobacter diazotrophicus* and *Trichoderma viride* on soil health, yield and N-economy of sugarcane cultivation under subtropical climatic conditions of India. *European Journal of Agronomy*, 30(4), 296–303. <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2009.01.002>
- Yang, L., Bian, X., Yang, R., Zhou, C., & Tang, B. (2018). Assessment of organic amendments for improving coastal saline soil. *Land Degradation & Development*, 29(9), 3204–3211. <https://doi.org/10.1002/ldr.3027>
- Yazdanpanah, N., Pazira, E., Neshat, A., Naghavi, H., Moezi, A., & Mahmoodabad, M. (2011). Effect of some amendments on leachate properties of a calcareous saline-sodic soil. *Int. Agrophys*, 25. Retrieved from www.international-agrophysics.org
- Yeo, A., Lee, K., Izadr, P., Boursier, P., & Flowers, T. (1991). Short- and Long-Term Effects of

- Salinity on Leaf Growth in Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*, 42.
<https://doi.org/10.2307/23692898>
- Yokoi, S., Bressan, R., & Hasegawa, P. (2002). Salt Stress Tolerance of Plants. *JIRCAS Working Report*, 25–33. Retrieved from http://www.plantstress.com/articles/salinity_m/salinity_m_files/jircas.pdf
- Yupeng, W., Yufei, L., Zhang, Y., Yanmeng, B., & Zhenjun, S. (2017). Response of saline soil properties and cotton growth to different organic amendments. *Pedosphere: An International Journal*, 160. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60464-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60464-8)
- ZHANG, J., YANG, J., YAO, R., YU, S., LI, F., & HOU, X. (2014). The Effects of Farmyard Manure and Mulch on Soil Physical Properties in a Reclaimed Coastal Tidal Flat Salt-Affected Soil. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(8), 1782–1790. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60530-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60530-4)
- Zhang, T., Wang, T., Liu, K. S., Wang, L., Wang, K., & Zhou, Y. (2015). Effects of different amendments for the reclamation of coastal saline soil on soil nutrient dynamics and electrical conductivity responses. *Agricultural Water Management*, 159, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.002>
- Zuñiga, O., Osorio, J. C., Cuero, R., & Peña, J. A. (2011). Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos Degradados por Salinidad. *Revista Facultad Nacional de Agronomía -Medellín*, 64.

ANEXOS

Anexo 1. Toma de muestras Pre – Tratamiento



Anexo 2. Diseño de las parcelas experimentales

Calculando la dosis para aplicar en los tratamientos:

$$100 Tn = 10,000 m^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$1 Tn = 1000 Kg \dots\dots\dots (2)$$

$$100 Tn = 100000 Kg \dots\dots\dots (3)$$

$$x Kg = 4 m^2 \dots\dots\dots (4)$$

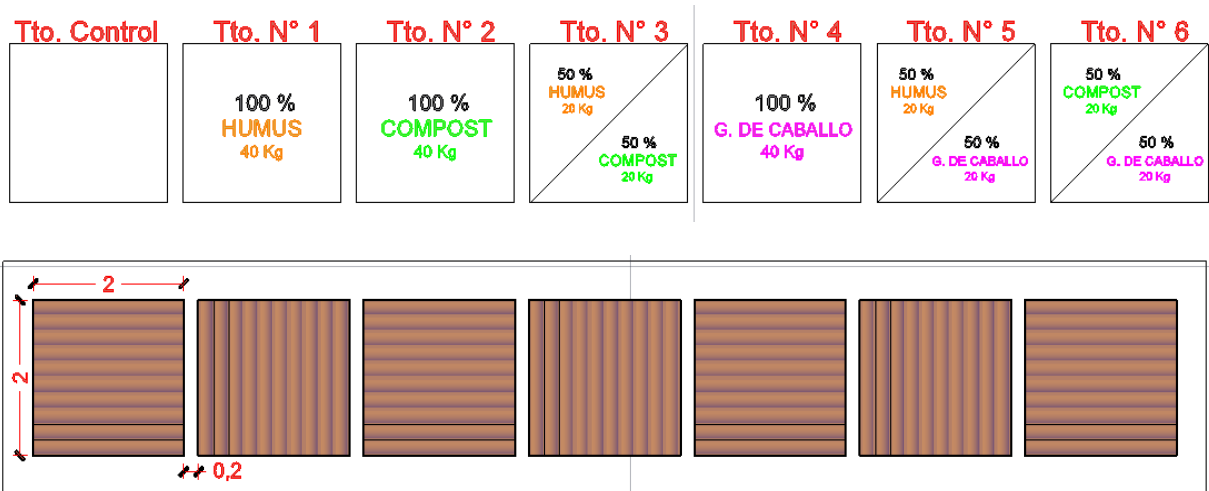
Remplazando 3 y 1 en 4

$$100,000 Kg = 10,000 m^2$$

$$x Kg = 4 m^2$$

$$40 Kg = 2 m^2$$

Por lo tanto la dosis aplicada para cada tratamiento será de 40 Kg



Anexo 3. Limpieza y Construcción de las Parcelas Experimentales



Anexo 4. Adquisición de las enmiendas orgánicas (UNALAM)



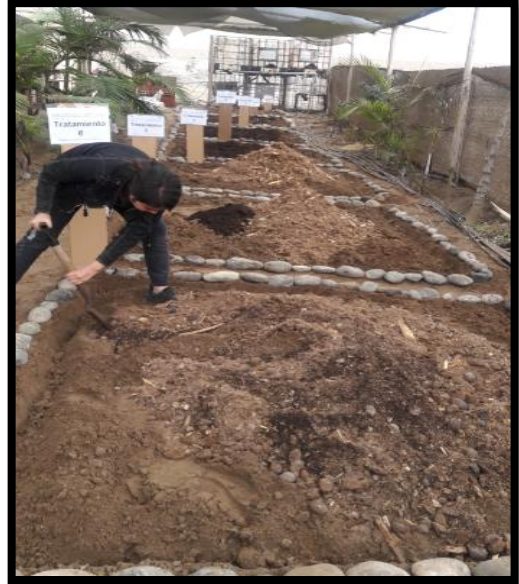
Anexo 5. Toma de muestras de las enmiendas orgánicas



Anexo 6. Aplicación de las enmiendas orgánicas a cada tratamiento








Anexo 7. Drenaje de las Parcelas para la escorrentía del agua




Anexo 8. Toma de las muestras Post - Tratamiento






UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : ARIANA GALVÁN RIVAS
 PROYECTO : RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS AGRÍCOLAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS- SAN VICENTE- CAÑETE
 PROCEDENCIA : Km. 153 Panamericana Sur- San Vicente - Cafete
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 03 de setiembre de 2018

Número de muestra Lab.	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables Cmol (+) / Kg					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	OC logal	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
14047	PRE 01 Prof. 50cm	21.40	87.12	9.30	3.58	Arena	0.28	2.72	485.00	1.56	4.73	3.05	1.04	0.16	0.40	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
 LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 014 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 014048


ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : ARIANA GALVÁN RIVAS
 PROYECTO : RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS AGRÍCOLAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS- SAN VICENTE, CAJETE
 PROCEDENCIA : Km. 153 Panamericana Sur- San Vicente - Cajete
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Montané Peña
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 03 de setiembre de 2018


Número de muestra Lab.	Cargas	CE dS/m Resaltado 1:1	Análisis Mecánico			pH Medido 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Capas Capacitadas					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						TSR Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	K M ⁺	
14048	PRE 02. Prof. 50cm	21.50	86.56	9.42	3.02	7.16	0.21	0.03	0.1430	1.84	0.15	4.05	0.05	0.19	0.01	-



LABORATORIO DE AGUA, SUELO Y BIENESTAR Y BIENESTAR
 Ing. Marcel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014111

MATERIA ORGÁNICA


SOLICITANTE : ARIANA GALVÁN RIVAS
 NIXSO CASAS FUSTAMANTE

PROYECTO : RECUPERACIÓN DE SUELO AGRÍCOLA SALINO CON ENMIENDA ORGÁNICA - SAN VICENTE CAÑETE

PROCEDENCIA : La Molina - Universidad Agraria
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de setiembre de 2018

Número de muestra Lab.	Campo	C.E dS/m	pH	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Ca O %	MgO %

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
 ICCC DEL LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014112

MATERIA ORGÁNICA

SOLICITANTE : ARIANA GALVÁN RIVAS
 NIXO CASAS FUSTAMANTE

PROYECTO : RECUPERACIÓN DE SUELO AGRÍCOLA SALINO CON ENMIENDA ORGÁNICA - SAN VICENTE CAÑETE

PROCEDENCIA : La Molina - Universidad Agraria

RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras

FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de setiembre de 2018

Número de muestra Lab.	Campo	C.E dS/m	pH	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Ca O %	MgO %



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014115

MATERIA ORGÁNICA

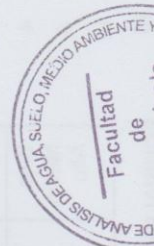
SOLICITANTE : ARIANA GALVÁN RIVAS
 NIXSO CASAS FUSTAMANTE

PROYECTO : RECUPERACIÓN DE SUELO AGRÍCOLA SALINO CON ENMIENDA ORGÁNICA - SAN VICENTE CAÑETE

PROCEDENCIA : La Molina - Universidad Agraria
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de setiembre de 2018

Lab.	Número de muestra		C-E dS/m	pH	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Ca O %	MgO %
	Campo								
14115	COM - 01		7.20	7.47	0.99	0.77	0.41	3.80	0.53

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014116

MATERIA ORGÁNICA

SOLICITANTE : ARIANA GALVÁN RIVAS
 NIXSO CASAS FUSTAMANTE

PROYECTO : RECUPERACIÓN DE SUELO ÁGRICOLA SALINO CON ENMIENDA ORGÁNICA - SAN VICENTE CAÑETE

PROCEDENCIA : La Molina - Universidad Agraria

RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras

FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de setiembre de 2018

Lab.	Número de muestra		C.E dS/m	pH	N %	P ₂ O ₆ %	K ₂ O %	Ca O %	MgO %
	Campo								
14116	COM - 02		7.61	7.46	1.06	0.83	0.32	4.70	0.51



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014113

MATERIA ORGÁNICA

SOLICITANTE : ARIANA GALVÁN RIVAS
 NIXSO CASAS FUSTAMANTE

PROYECTO : RECUPERACIÓN DE SUELO AGRÍCOLA SALINO CON ENMIENDA ORGÁNICA - SAN VICENTE CAÑETE

PROCEDENCIA : La Molina - Universidad Agraria

RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras

FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de setiembre de 2018

Lab.	Número de muestra		C.E dS/m	pH	N %	P ₂ O ₆ %	K ₂ O %	Ca O %	MgO %
	Campo								
14113	GC - 01		10.61	8.61	1.18	1.04	3.80	3.22	6.17



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 01411

MATERIA ORGÁNICA

SOLICITANTE : ARIANA GALVÁN RIVAS
 NIXSO CASAS FUSTAMANTE

PROYECTO : RECUPERACIÓN DE SUELO AGRÍCOLA SALINO CON ENMIENDA ORGÁNICA - SAN VICENTE CAÑETE

PROCEDENCIA : La Molina - Universidad Agraria

RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras

FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de setiembre de 2018

Lab.	Número de muestra		C.E dS/m	pH	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Ca O %	MgO %
	Lab.	Campo							
14114		GC-02	9.43	8.53	1.13	0.97	3.43	2.87	6.62

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014798

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NIXSO CASAS FUSTAMANTE Y ARIANA GALVAN RIVAS
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS
PROCEDECENCIA : San Vicente de Cañete
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de enero de 2019

Número de muestra Lab.	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC Total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K
14798	Tratamiento 1 (A)	64.40	73.68	13.08	13.24	6.97	5.14	166.02	1564.00	1.21	19.42	12.80	2.24	0.28	4.01	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Nore Arévalo Flores
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NIXSO CASAS FUSTAMANTE Y ARIANA GALVAN RIVAS
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS
PROCEDENCIA : San Vicente de Cañete
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de enero de 2019

Lab.	Número de muestra	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables						
				Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺ +H ⁺
14799		Tratamiento 1 (B)	62.30	75.68	10.22	14.10	Fraco arenoso	7.01	4.94	165.47	1670.00	1.34	20.95	14.05	2.27	0.35	4.28	-



LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 0148

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NIXSO CASAS FUSTAMANTE Y ARIANA GALVAN RIVAS
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS
PROCEDENCIA : San Vicente de Cañete
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de enero de 2019

Lab.	Número de muestra	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables Cmol (+) / Kg					
				Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
14800		Tretamiento 2 (A)	42.10	75.32	13.44	11.24		7.37	159.56	1378.00	1.69	25.54	19.00	2.83	0.17	3.53	-



LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. María A. Sanchez Delgado



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 0148

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NIXSO CASAS FUSTAMANTE Y ARIANA GALVAN RIVAS
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS
PROCEDENCIA : San Vicente de Cañete
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de enero de 2019

Lab.	Número de muestra	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
				Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
14801		Tretamiento 2 (B)	51.70	73.54	13.77	12.70	7.16	7.91	160.02	1964.00	1.69	29.14	20.40	3.47	0.16	5.11	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014802

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NIXSO CASAS FUSTAMANTE Y ARIANA GALVAN RIVAS
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS
PROCEDENCIA : San Vicente de Cañete
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de enero de 2019

Número de muestra Lab.	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables Cmol (+) / Kg					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
14802	Tratamiento 3 (A)	71.20	73.68	11.22	15.10	6.95	8.92	175.35	2240.00	1.54	29.92	19.62	4.39	0.16	5.74	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 01480

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NIXSO CASAS FUSTAMANTE Y ARIANA GALVAN RIVAS
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS
PROCEDENCIA : San Vicente de Cañete
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de enero de 2019

Lab.	Número de muestra	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
				Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
14803		Tratamiento 3 (B)	51.00	77.68	10.62	11.70	7.12	7.30	173.04	1526.00	1.09	24.62	17.26	3.21	0.24	3.91	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Nore Arévalo Flores
 Ing. Nore Arévalo Flores, Delegado



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014804

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NIXSO CASAS FUSTAMANTE Y ARIANA GALVAN RIVAS
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS
PROCEDENCIA : San Vicente de Cañete
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de enero de 2019

Lab.	Número de muestra	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables						
				Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺ +H ⁺
14804	Tratamiento 4 (A)		24.50	82.32	8.44	9.24	Arena franca	7.66	8.92	176.09	2880.00	1.64	20.04	10.40	2.05	0.21	7.38	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguéla Sánchez Delgado
I.F.C.C. DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NIXSO CASAS FUSTAMANTE Y ARIANA GALVAN RIVAS
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS
PROCEDENCIA : San Vicente de Cañete
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de enero de 2019

Número de muestra Lab.	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables Cmol (+) / Kg					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
14805	Tretamiento 4 (B)	32.00	80.32	10.44	9.24	7.62	7.84	175.35	3040.00	2.11	20.64	10.50	2.10	0.24	7.79	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 0148

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NIXSO CASAS FUSTAMANTE Y ARIANA GALVAN RIVAS
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS
PROCEDENCIA : San Vicente de Cañete
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de enero de 2019

Lab.	Número de muestra	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables Cmol (+) / Kg					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
14806	Tratamiento 5 (A)	22.50	65.68	7.08	7.24	Arena franca	8.52	174.98	1818.00	1.39	19.04	11.70	2.42	0.25	4.66	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Mirella A. Sánchez Delgado



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NIXSO CASAS FUSTAMANTE Y ARIANA GALVAN RIVAS
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS
PROCEDENCIA : San Vicente de Cañete
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de enero de 2019

Número de muestra Lab.	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
14807	Tratamiento 5 (B)	34.50	81.68	9.15	9.17	Arena franca	10.28	175.17	1922.00	1.17	21.91	13.65	3.15	0.18	4.93	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NIXSO CASAS FUSTAMANTE Y ARIANA GALVAN RIVAS
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS
PROCEDENCIA : San Vicente de Cañete
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de enero de 2019

Lab.	Número de muestra	Campo	CE ds / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
				Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
14808		Tratamiento 6 (A)	27.00	81.46	9.10	9.44	7.33	8.65	156.60	1666.00	1.51	21.37	14.80	2.13	0.17	4.27	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miriam A. Sánchez Delgado



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : NIXSO CASAS FUSTAMANTE Y ARIANA GALVAN RIVAS
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS
PROCEDENCIA : San Vicente de Cañete
RESP. ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 14 de enero de 2019


Lab.	Número de muestra	Campo	CE ds / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
				Arena %	Limo %	Arcilla %						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺	
14809		Tratamiento 6 (B)	40.70	79.12	13.12	7.76	7.23	8.92	161.40	1598.00	1.61	22.41	15.83	2.33	0.16	4.10	-

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO


Ing. Msc. Mirella A. Sánchez Delgado



Anexo 12. Resultados de análisis de agua



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
 LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 009223

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : ARIAN FATIMA GALVÁN RIVAS

PROYECTO : EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE LAS ENMIENDAS ORGANICAS
 EN LA RECUPERACIÓN DE SUELO SALINO

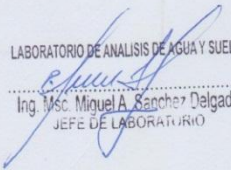
PROCEDENCIA : Km. 153 Panmaericana Sur- San Vicente - Cañete

RESPONSABLE ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores

FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 20 de febrero 2019

Nº LABORATORIO		9223
Nº DE CAMPO		Agua
CE mmhos/cm		0.75
pH		7.60
Calcio meq/l		4.45
Magnesio meq/l		0.87
Sodio meq/l		1.90
Potasio meq/l		0.09
SUMA DE CATIONES		7.31
Cloruro meq/l		2.21
Sulfato meq/l		1.41
Bicarbonato meq/l		3.71
Nitratos meq/l		0.05
Carbonatos meq/l		0.00
SUMA DE ANIONES		7.38
SAR		1.17
CLASIFICACION		C3-S1
Boro mg/L		0.17

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO



Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO

