



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Uso de la vinaza y biocarbón en la remediación de suelos salino – sódicos en el distrito de Tambogrande, Piura”.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

**AUTOR:**

Freddy Joel Manyari Gonzales

**ASESOR:**

Dr. Ing. Jhonny Valverde Flores

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Conservación y Protección de Recursos Naturales

**LIMA – PERÚ**

**Año 2016-II**

## **Página del jurado**

**Autor:**

MANYARI GONZALES FREDDY JOEL

---

**Presidente**

Mg. Lorgio Valdiviezo Gonzales

---

**Secretario**

Mg. Rubén Munive Cerrón

---

**Vocal**

Dr. Jhonny Valverde Flores

## DECLARACIÓN DE AUMENTICIDAD

Yo, **Freddy Joel Manyari Gonzales**, con DNI N°48075650, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de **Ingeniería**, Escuela de **Ingeniería Ambiental**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento, que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 01 de diciembre de 2016

---

Freddy Joel Manyari Gonzales

**DEDICATORIA:**

A Dios; sobre todas las cosas

A mi madre; mi compañera incondicional, por estar ahí en mis alegrías  
y tristezas

A mi familia; por apoyarme en todo momento

### **AGRADECIMIENTOS:**

A la Universidad César Vallejo, por darme la oportunidad de poder estudiar la carrera de Ingeniería Ambiental y formarme como persona y como profesional.

A los asesores, profesores, amigos y todas las personas que colaboraron en el desarrollo de esta gratificante experiencia; y sobre todo a Lucía Gonzales, mi madre.

## INDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>13</b>
1.1 Realidad Problemática .....	14
1.2 Trabajos previos.....	16
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	21
1.4 Formulación del problema .....	33
1.4.1 Problema general.....	33
1.4.2 Problemas específicos .....	34
1.5 Objetivos .....	34
1.5.1 Objetivo general .....	34
1.5.2 Objetivos específicos .....	34
1.6 Justificación del estudio .....	34
1.7 Hipótesis .....	35
1.7.1 Hipótesis general .....	35
1.7.2 Hipótesis específicas .....	36
<b>II. MÉTODO .....</b>	<b>37</b>
2.1 Variables, operacionalización .....	38
2.1.1 Variable Dependiente (VD) .....	39
2.1.2 Variable Independiente (VI).....	39
2.2 Metodología .....	40
2.2.1 Tipo de investigación .....	40
2.2.2 Nivel de investigación .....	40
2.2.3 Diseño de la investigación .....	40
2.3 Población .....	41
2.4 Muestra .....	41

2.4.1	Diseño muestral .....	41
2.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	42
2.6	Validación .....	44
2.7	Confiabilidad .....	44
2.8	Métodos de Análisis de Datos .....	48
2.8.1	Obtención de la muestra de suelo .....	48
2.8.2	Preparación de la columna .....	51
2.8.3	Tratamiento con biocarbón .....	53
2.9	Aspectos Éticos .....	54
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
3.1	Análisis de vinaza .....	56
3.2	Análisis de suelos .....	56
3.2.1	Concentración de sodio .....	58
3.2.2	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....	58
3.2.3	Conductividad Eléctrica (CE).....	58
3.2.4	Porcentaje de Materia Orgánica (%MO).....	58
3.2.5	pH en suelos .....	59
3.2.6	Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) .....	59
3.2.7	Concentración de Potasio (K <sup>+</sup> ) .....	60
3.2.8	Concentración de Calcio (Ca <sup>+2</sup> ) .....	60
3.3	Análisis de los lixiviados.....	60
3.3.1	Concentración de sodio y conductividad eléctrica en lixiviados .....	60
3.3.1.1	Comparación de contenido de sodio según tratamiento .....	62
3.3.1.2	Comparación de conductividad eléctrica según tratamiento .....	63
3.4	Crecimiento del cultivo con el uso de biocarbón .....	67
3.4.1	N° de hojas .....	70

3.4.2	Altura (cm) .....	76
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>80</b>
4.1	Tratamiento de suelo con vinaza .....	81
4.2	Aplicación de biocarbón en los cultivos .....	81
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>83</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>91</b>
	<b>Anexo 01: Análisis de vinaza .....</b>	<b>92</b>
	<b>Anexo 02: Análisis preliminar de suelos .....</b>	<b>93</b>
	<b>Anexo 03: Análisis final de suelos .....</b>	<b>95</b>
	<b>Anexo 04: Análisis de lixiviados .....</b>	<b>96</b>
	<b>Anexo 05: Lista de chequeo .....</b>	<b>99</b>
	<b>Anexo 06: Guía de observación .....</b>	<b>100</b>



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°1.</b> Esquema de columna de intercambio iónico .....	24
<b>Figura N°2.</b> Resumen de los principales efectos del biocarbón (biochar) sobre las características del suelo.....	28
<b>Figura N°3.</b> El ciclo global del carbono .....	29
<b>Figura N°4.</b> Esquema de distribución de puntos de muestreo .....	40
<b>Figura N°5.</b> Esquema de diseño de tubos de PVC .....	43
<b>Figura N°6.</b> Esquema del proceso de obtención de la vinaza.....	44
<b>Figura N°7.</b> Mapa de ubicación del distrito de Tambo Grande – Piura .....	47
<b>Figura N°8.</b> Ríos más importantes del distrito de Tambo Grande .....	48
<b>Figura N° 9.</b> Obtención de la muestra de suelo .....	49
<b>Figura N°10.</b> Construcción de la columna y empacado de suelo .....	50
<b>Figura N°11.</b> Elaboración de los tratamientos con biocarbón .....	51
<b>Figura N°12.</b> Parámetros de las características fisicoquímicas de los suelos sin/con tratamiento .....	55
<b>Figura N°13.</b> Comparación de volúmenes de lixiviados a lo largo del tratamiento ..	63
<b>Figura N°14.</b> Cambios de coloración en los lixiviados del suelo con vinaza a lo largo del tratamiento .....	64
<b>Figura N°15.</b> Cambios de coloración en los lixiviados del suelo sin vinaza a lo largo del tratamiento .....	65
<b>Figura N°16.</b> Comparación del crecimiento de los rabanitos ( <i>raphanus sativus</i> ) .....	67
<b>Figura N°17.</b> Resultados de la aplicación de la prueba de Anderson Darling .....	69
<b>Figura N°18.</b> Prueba de varianzas iguales mediante el estadístico de Bartlett .....	70
<b>Figura N°19.</b> Diagrama de cajas del número de hojas de los rabanitos.....	71
<b>Figura N°20.</b> Intervalos de confianza para las comparaciones múltiples .....	73
<b>Figura N°21.</b> Resultados de la aplicación de la prueba de Anderson Darling .....	74
<b>Figura N°22.</b> Diagrama de cajas de la altura (cm) de los rabanitos .....	76

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de los suelos salinos – sódicos .....	22
<b>Tabla 2.</b> Temperatura de pirolisis para la elaboración del biocarbón .....	26
<b>Tabla 3.</b> Tipos de degradación de suelos en el mundo medido en millones de hectáreas .....	30
<b>Tabla 4.</b> Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	40
<b>Tabla 5.</b> Lista de chequeo.....	41
<b>Tabla 6.</b> Principales empresas productoras de azúcar en la costa peruana y su producción (ton.) .....	45
<b>Tabla 7.</b> Composición química de la vinaza analizada en laboratorio .....	54
<b>Tabla 8.</b> Variación porcentual de los suelos sin/con tratamiento .....	55
<b>Tabla 9.</b> Contenido de sodio y conductividad eléctrica de los lixiviados según tratamiento .....	59
<b>Tabla 10.</b> Prueba mediante el estadístico F de Fisher .....	60
<b>Tabla 11.</b> Estadístico T de dos muestras para los Comparación de medias para los tratamientos Con Agua vs. Con Vinaza.....	61
<b>Tabla12.</b> Prueba mediante el estadístico F de Fisher .....	61
<b>Tabla 13.</b> Estadístico T de dos muestras para los Comparación de medias para los tratamientos Con Agua vs. Con Vinaza.....	62
<b>Tabla 14.</b> Cuadro resumen de aplicación de lixiviados .....	63
<b>Tabla 15.</b> Resumen del crecimiento del cultivo de rabanito .....	66
<b>Tabla 16.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas mediante estadístico de Bartlett	70
<b>Tabla 17.</b> Análisis de varianza mediante el estadístico F de Fisher .....	71
<b>Tabla 18.</b> Prueba de comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey.....	72
<b>Tabla 19.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas mediante estadístico de Bartlett	75
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza mediante el estadístico F de Fisher .....	76

## RESUMEN

El presente trabajo utiliza la vinaza y biocarbón como recuperadores de suelos salino-sódicos, es por ello que se ubicó un suelo con este tipo de características. El objetivo general fue analizar los procesos de remediación de suelos salino-sódicos en el distrito de Tambo Grande departamento de Piura. Para realizar el experimento se utilizó como población 1 hectárea de suelo contaminado por sales de la finca Vilca Aguilar de la cual se obtuvo una muestra de 10 kg de suelo salino el cual fue llevado al laboratorio para comprobación. Una vez hecho esto se construyeron dos columnas de suelo en tubos de PVC de 1m de altura y 4" de diámetro, en él se le añadió el suelo salino – sódico hasta una altura de 40 cm; en el extremo inferior de cada columna se colocó un recipiente colector de lixiviados. Las columnas se dividieron en dos tratamientos: la primera un tratamiento con agua y la segunda, con vinaza; se simularon las condiciones del lavado en campo para cada columna, periódicamente se fueron analizando los lixiviados y al finalizar un mes de tratamiento se realizó un análisis de cada uno de los suelos en las columnas. Los resultados finales indicaron una disminución tanto en el PSI (0.49) como en la concentración de sodio (3.52 meq/L) y Conductividad Eléctrica (1.46 dS/m), así como un aumento de nutrientes principalmente potasio (20 meq/L) y porcentaje de materia orgánica (2.17%). Para evaluar la efectividad del suelo como cultivo se realizaron terminado el tratamiento en las columnas, se realizaron pruebas en macetas con un cultivo llamado rabanito (*raphanus sativus*) en cuatro macetas de las cuales una era testigo (sin ningún tipo de tratamiento) y las tres restantes tenían el suelo tratado con vinaza con distintas proporciones de biocarbón (25%, 50% 75%en peso), para ello se tomaron como parámetros el crecimiento (cm) y el vigor (número de hojas, número de brotes) del cultivo. Los resultados indicaron un mejor crecimiento en el tratamiento con el 25% de biocarbón, asimismo se evidencio la falta de crecimiento en el tratamiento testigo.

**PALABRAS CLAVE:** Conductividad Eléctrica, vinaza, biocarbón, PSI.

## ABSTRACT

The present work uses vinasse and biocarbon as recuperators of saline-sodium soils, that is why a soil with this type of characteristics was located. The general objective was to analyze the processes of remediation of saline-sodium soils in the district of Tambo Grande department of Piura. In order to carry out the experiment, a population of 1 hectare of soil contaminated by salts from the Vilca Aguilar farm was used as a population, from which a 10 kg sample of saline soil was obtained and taken to the laboratory for testing. Once this was done, two columns of soil were built in PVC tubes of 1m height and 4 "diameter, in which saline - sodium soil was added to a height of 40 cm; At the lower end of each column was placed a leachate collecting vessel. The columns were divided into two treatments: the first one treated with water and the second, with vinasse; the conditions of the field washing were simulated for each column, periodically the leachates were analyzed and at the end of one month of treatment an analysis of each of the soils in the columns. The final results indicated a decrease in both PSI (0.49) and sodium (3.52 meq / L) and Electrical Conductivity (1.46 dS / m), as well as an increase in nutrients mainly potassium (20 meq / L) and Percentage of organic matter (2.17%). In order to evaluate the effectiveness of the soil as a crop, the treatments were completed in the columns, tests were carried out in pots with a culture called rabanus (*raphanus sativus*) in four pots of which one was a control (without any type of treatment) and three (25%, 50%, 75% by weight). The growth (cm) and vigor (number of leaves, number of shoots) of the crop were taken as parameters. The results indicated a better growth in the treatment with 25% of biocarbon, also evidenced the lack of growth in the control treatment.

**KEYWORDS:** Electric conductivity, vinasse, biochar, PSI.