

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES



EFECTO DEL CARBÓN HIDROTÉRMAL DERIVADO DEL
LODO DE UNA PTAR AEROBIA EN LAS PROPIEDADES
FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO EN PARQUES DEL DISTRITO DE
CARABAYLLO-SECTOR 2, LIMA-2023.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

CINTHIA HILLARY OLIVERA LOAYZA
CARLOS ALBERTO CHAVEZ CAVAGLIA
LIBER OMAR MUCHA BERAUN

ASESOR: Mtro. DANIEL MANUEL OLCESE HUERTA

CO-ASESOR: Ing. LUIGI BRAVO TOLEDO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL AMBIENTE

Callao, 2023

PERÚ

This block contains four handwritten signatures in blue ink. The first signature is at the top, followed by two more, and a fourth signature at the bottom right. The signatures are somewhat stylized and difficult to read.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)



V CICLO TALLER DE TESIS

ANEXO 3

ACTA N° 012-2023 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

LIBRO 01 FOLIO No. 95 ACTA N°012-2023 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

A los 20 días del mes de agosto del año 2023, siendo las 11:20 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/zch-bnpr-wqt>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

Ms.C.	María Teresa Valderrama Rojas	: Presidente
Dr.	Miguel Ángel De La Cruz Cruz	: Secretario
Mtra.	Janet Mamani Ramos	: Vocal
Dr.	Jorge Quintanilla Alarcón	: Suplente
Mtro.	Manuel Daniel Olcese Huerta	: Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los Bachilleres Cinthia Hillary Olivera Loayza, Carlos Alberto Chavez Cavaglia y Liber Omar Mucha Beraun, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustentan la tesis titulada: **"EFECTO DEL CARBÓN HIDROTERMAL DERIVADO DEL LODO DE UNA PTAR AEROBIA EN LAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL SUELO EN PARQUES DEL DISTRITO DE CARABAYLLO – SECTOR 2, LIMA, 2023"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa Muy Bueno y calificación cuantitativa DIECISEIS (16) la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 12:10 horas del día domingo 20 de agosto del año en curso.

Presidente

Secretario











Vocal

Asesor

Document Information

Analyzed document	TESIS_CHAVEZ CAVAGLIA-MUCHA BERAUN-OLIVERA LOAYZA.pdf (D172859529)
Submitted	2023-08-16 10:01:00
Submitted by	
Submitter email	fiarn.investigacion@unac.edu.pe
Similarity	17%
Analysis address	unidad.de.investigacion.fiarn.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional del Callao / APEÑA MILLA - CASTELO VEGA - BIOCARBON DE LODOS PARA LA INMOVILIZACION DEL PLOMO EN SUELOS DEL AA.HH. VIRGEN DE GUADALUPE, MI PERU, 2022.pdf Document APEÑA MILLA - CASTELO VEGA - BIOCARBON DE LODOS PARA LA INMOVILIZACION DEL PLOMO EN SUELOS DEL AA.HH. VIRGEN DE GUADALUPE, MI PERU, 2022.pdf (D149897426) Submitted by: fiarn.investigacion@unac.edu.pe Receiver: unidad.de.investigacion.fiarn.unac@analysis.arkund.com	 77
SA	EF_TallerDeTesis2_JimenezVasquezWilianJavier_SanchezFloresMerlynYackelyn.docx Document EF_TallerDeTesis2_JimenezVasquezWilianJavier_SanchezFloresMerlynYackelyn.docx (D141636840)	 1
W	URL: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1709&context=ing_ambiental_sanitaria Fetched: 2020-05-05 08:19:35	 1
W	URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121011400 Fetched: 2023-08-16 10:01:00	 1
W	URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521038637 Fetched: 2023-08-16 10:01:00	 2
W	URL: https://zaguan.unizar.es/record/60594/files/TAZ-TFG-2016-741.pdf Fetched: 2020-02-15 17:57:48	 3
W	URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119302230 Fetched: 2023-08-16 10:01:00	 1
SA	1_TFG.pdf Document 1_TFG.pdf (D141812264)	 1
SA	ESPAÑA_LONDOÑO LARREA PABLO ANDRES.pdf Document ESPAÑA_LONDOÑO LARREA PABLO ANDRES.pdf (D151433607)	 1
SA	6.-Gonza_Salazar.docx Document 6.-Gonza_Salazar.docx (D145587456)	 1

Entire Document

100%

MATCHING BLOCK 1/89

SA

APEÑA MILLA - CASTELO VEGA - BIOCARBON DE LODO ...
(D149897426)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

INFORMACIÓN BÁSICA

Facultad: Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales

Unidad de investigación: Unidad de investigación de la facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales

Título: Efecto del carbón hidrotermal derivado del lodo de una pta aerobia en las propiedades fisicoquímicas del suelo en parques del distrito de Carabayllo- Sector 2, Lima -2023.

Asesor: Daniel Olcese Huerta / Código ORCID: 0000- 0002-5499-7972

DNI: 07737617

Autores:

Carlos Alberto Chávez Cavaglia / Código ORCID: 0009-0003-6381-2508

DNI: 48177416

Cinthia Hillary Olivera Loayza / Código ORCID: 0009-0007-9686-2869

DNI: 74104453

Liber Omar Mucha Beraun / Código ORCID: 0009-0000-3373-0358

DNI: 47654632

Lugar de ejecución: Instalaciones de la Empresa Resisol Ingenieros, Mz "A". j lote. 3-a3 asc. los Tulipanes de Carapongo (Lima - Lima - Lurigancho)

Unidad de análisis: Suelo de los parques del distrito de Carabayllo, Lima.

Tipo de investigación: Aplicada

Enfoque de investigación: Cuantitativo

Diseño de investigación: Experimental

Tema OCDE: Ciencias de la tierra y el Ambiente

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, porque nos permite a cada uno de nosotros cumplir nuestras metas.

A nuestra familia por su apoyo incondicional y, por estar siempre presentes, acompañándonos a lo largo de esta etapa de nuestra formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a nuestra alma Mater, la Universidad Nacional del Callao y principalmente a la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, por acogernos durante nuestra formación académica.

A nuestra Mg. Teresa Gonzales Moncada por por trasmitirnos, sus conocimientos y experiencia para el desarrollo de la tesis e impulsarnos a la excelencia.

A nuestro maestro asesor, el Mtro. Manuel Olcese Huerta por transmitirnos sus conocimientos, motivarnos y alentarnos durante el desarrollo de la tesis.

INDICE

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
INDICE	7
LISTA DE TABLAS.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	13
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1. Descripción de la realidad problemática	18
1.2. Formulación del problema.....	23
1.2.1 Problema general.....	23
1.2.2. Problemas específicos	23
1.3. Objetivos	23
1.3.2. Objetivo general.....	23
1.3.3. Objetivos específicos	23
1.4. Justificación	24
1.4.2. Justificación Ambiental	24
1.4.3. Justificación Legal.....	24
1.4.4. Justificación Teórica	24
1.4.5. Justificación Metodológica	25
1.4.6. Justificación Práctica	25
1.4.7. Justificación Económica.....	26
1.4.8. Justificación Social.....	26
1.5. Delimitantes de la investigación	27

1.5.1.	Delimitante Teórica	27
1.5.2.	Delimitante temporal	27
1.5.3.	Delimitante espacial	28
II.	MARCO TEÓRICO.....	29
2.1.	Antecedentes.....	29
2.1.1.	Antecedentes internacionales	29
2.1.2.	Antecedentes Nacionales	32
2.2.	Base Teórica	36
2.2.1.	Carbón hidrotermal	37
2.2.2.	Dosificación del carbón hidrotermal	38
2.2.3.	Propiedades fisicoquímicas del suelo	38
2.2.4.	Propiedades físicas	40
2.2.5.	Propiedades químicas.....	42
2.3.	Marco Conceptual	43
2.3.1.	Uso de biocarbón para enmienda de suelos	43
2.3.2.	Tipos de biocarbón.....	44
2.3.3.	Propiedades del biocarbón	44
2.3.4.	Granulometría de enmienda de suelos agrícolas	46
2.3.5.	Tipos de enmienda.....	46
2.3.6.	Enmienda orgánica de suelos.....	48
2.3.7.	Normativas.....	51
2.4.	Definición de términos básicos.....	52
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	56
3.1.	Hipótesis	56
3.1.1	Hipótesis General.....	56
3.1.2.	Hipótesis Específicas.....	56

3.1.1. Operacionalización de las variables.....	57
IV. METODOLOGÍA.....	58
4.1. Diseño metodológico.....	58
4.2. Método de investigación.....	59
4.3. Población y muestra.....	61
4.3.1. Población	61
4.3.2. Muestra	61
4.4. Lugar de estudio	64
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	64
4.5.1. Técnicas.....	64
4.5.2. Instrumentos	65
4.1. Análisis y procesamiento de datos	66
4.2. Aspectos éticos de la Investigación.....	66
V. RESULTADOS.....	67
5.1. Resultados descriptivos	67
5.1.2. Caracterización de las propiedades fisicoquímica del suelo	67
5.1.3. Efecto de la dosificación de carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia en las propiedades físico-químicas del suelo.	72
5.2. Resultados Inferenciales.....	78
5.2.1. Análisis de efectos preliminares para el modelo.....	79
5.2.2. Análisis ANOVA de los diseños factoriales	85
5.2.3. Análisis del modelo estadístico	89
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	105
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	105
6.2. Contrastación y de resultados con estudios similares	107

6.3.	Responsabilidad ética	108
VII.	CONCLUSIONES.....	110
VIII.	RECOMENDACIONES.....	111
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	112
9.1.	ANEXOS	116

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de la porosidad del suelo</i>	41
Tabla 2 <i>Tabla de Operacionalización de variables</i>	57
Tabla 3 <i>Características iniciales del suelo áridos de Carabayllo</i>	59
Tabla 4 <i>Cuadro de Técnicas e Instrumentos para la recolección de información</i>	65
Tabla 5 <i>Análisis metodológicos de laboratorio para suelos y carbón hidrotermal.</i>	65
Tabla 6 <i>Resultados de la caracterización fisicoquímica del suelo de Carabayllo</i>	67
Tabla 7 <i>Resultados de Humedad en suelo</i>	72
Tabla 8 <i>Resultados de Conductividad Eléctrica</i>	73
Tabla 9 <i>Resultados de Potencial Hidrógeno (PH)</i>	74
Tabla 10 <i>Resultados de Capacidad de Intercambio Catiónico</i>	74
Tabla 11 <i>Resultados de Nitrógeno Total</i>	75
Tabla 12 <i>Resultados de Fósforo (P)</i>	76
Tabla 13 <i>Resultados de Potasio (K)</i>	77
Tabla 14 <i>Resultados de Materia Orgánica</i>	78
Tabla 15 <i>Matriz ANOVA de Humedad</i>	85
Tabla 16 <i>Matriz ANOVA de Conductividad Eléctrica (CE)</i>	86
Tabla 17 <i>Matriz ANOVA de Potencial de Hidrógeno (PH)</i>	86
Tabla 18. <i>Matriz ANOVA de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)</i>	87
Tabla 19. <i>Matriz ANOVA de Nitrógeno Total</i>	87
Tabla 20. <i>Matriz ANOVA de Fósforo (P)</i>	88
Tabla 21. <i>Matriz ANOVA de Potasio (K)</i>	88
Tabla 22 <i>Matriz ANOVA de Materia Orgánica (MO)</i>	89
Tabla 23 <i>Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento</i>	90
Tabla 24 <i>Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento</i>	91
Tabla 25 <i>Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento</i>	93
Tabla 26 <i>Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento</i>	96
Tabla 27 <i>Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento</i>	97

Tabla 28 <i>Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento.....</i>	99
Tabla 29 <i>Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento</i>	101
Tabla 30 <i>Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento</i>	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Triángulo de texturas del suelo	40
Figura 2 Partes de una carta de colores Munsell	42
Figura 3 Esquema metodológico de trabajo	58
Figura 4 Reactor pirolítico	60
Figura 5 Esquema de muestreo por cada parque	62
Figura 6 Mapa referencial de ubicación de parques de Carabayllo.....	63
Figura 7 Mapa espacial de los sectores del Distrito de Carabayllo	64
Figura 8 Gráfica de la humedad en cuatro zonas de Carabayllo.....	67
Figura 9 Gráfica de la conductividad eléctrica en cuatro zonas de Carabayllo.	68
Figura 10 Gráfica del Ph en cuatro zonas de Carabayllo	68
Figura 11 Gráfica de la capacidad de intercambio catiónico en cuatros zonas de Carabayllo.....	69
Figura 12 Gráfica del nitrógeno disponible de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo.....	70
Figura 13 Gráfica del fósforo disponible de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo.....	70
Figura 14 Gráfica del potasio disponible de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo.....	71
Figura 15 Gráfica de la materia orgánica disponible de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo	71
Figura 16 Gráfica del efecto de la dosificación y variación de humedad	72
Figura 17 Gráfica del efecto de la dosificación y variación de la conductividad eléctrica.....	73
Figura 18 Gráfica del efecto de la dosificación y variación de Ph.....	74
Figura 19 Gráfica del efecto de la dosificación y variación de CIC.....	75
Figura 20 Gráfica del efecto de la dosificación y variación de nitrógeno	76
Figura 21 Gráfica del efecto de la dosificación y variación de fósforo	76
Figura 22 Gráfica del efecto de la dosificación y variación de potasio	77
Figura 23 Gráfica del efecto de la dosificación y variación de materia orgánica	78
Figura 24 Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio	79
Figura 25 Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio	80

Figura 26 Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio	80
Figura 27 Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio	81
Figura 28 Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio	82
Figura 29 Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio	82
Figura 30 Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio	83
Figura 31 Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio	84
Figura 32 Gráfica de la normalidad	90
Figura 33 Supuesto de homogeneidad de la varianza	90
Figura 34 Gráfica de la normalidad	92
Figura 35 Supuesto de homogeneidad de la varianza	92
Figura 36 Gráfica de la normalidad	94
Figura 37 Supuesto de homogeneidad de la varianza	94
Figura 38 Gráfica de la normalidad	96
Figura 39 Supuesto de homogeneidad de la varianza	96
Figura 40 Gráfica de la normalidad	98
Figura 41 Supuesto de homogeneidad de la varianza	98
Figura 42 Gráfica de la normalidad	99
Figura 43 Supuesto de homogeneidad de la varianza	100
Figura 44 Gráfica de la normalidad	101
Figura 45 Supuesto de homogeneidad de la varianza	102
Figura 46 Gráfica de la normalidad	103
Figura 47 Supuesto de homogeneidad de la varianza	104

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar el efecto del carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia en las propiedades fisicoquímicas del suelo de los parques del distrito de Carabaylo - Sector 2. La metodología fue la elaboración del carbón hidrotermal a una temperatura de 220° C y una presión de 3 bar por un proceso de pirólisis, luego se realizó la siguiente dosificación de carbón hidrotermal al 2.5 %, 5.0 % y 7.5 % respectivamente para cada zona A, B, C y D. La muestra de suelos de los parques de 250 gramos para la evaluación. Los resultados demostraron que la dosificación de carbón hidrotermal derivado del lodo de un ptar aerobia a 7.5 % representó una mejora significativa en las propiedades fisicoquímicas en el aumento del nitrógeno total de los parques, en el diseño experimental evaluado en la relación de las zonas se determinó que valores de p-value menores de 0.01 para las propiedades fisicoquímicas en respuesta a las dosis.

Palabras clave: Carbón hidrotermal, propiedades fisicoquímicas, dosificación

ABSTRACT

The general objective of this research was to evaluate the effect of hydrothermal carbon derived from the sludge of an aerobic WWTP on the physicochemical properties of the soil in the parks of the district of Carabayllo - Sector 2. The methodology was the elaboration of hydrothermal coal at a temperature of 220° C and a pressure of 3 bar by a pyrolysis process, then the following dosage of hydrothermal coal was performed at 2.5 %, 5.0 % and 7.5 % respectively for each zone A, B, C and D. The soil sample of the parks of 250 grams for the evaluation. The results showed that the dosage of hydrothermal carbon derived from the sludge of an aerobic ptar at 7.5 % represented a significant improvement in the physicochemical properties in the increase of total nitrogen in the parks, in the experimental design evaluated in the relationship of the zones was determined that p-value values less than 0.001 for the physicochemical properties in response to the doses.

Key words: Hydrothermal carbon, physicochemical properties, dosage.

INTRODUCCIÓN

La desertificación es un problema a nivel mundial por la degradación de los suelos que altera no solamente a los ecosistemas, sino también a los seres humanos por la pérdida de suelos con potencial agrícola. Cerca del 17.5 % de la superficie a nivel nacional corresponden a áreas degradadas.

El Dr. Carlos Zavala ha realizado investigaciones sobre la problemática de los suelos en Carabayllo, centrándose en aspectos como la degradación de los suelos, la erosión, la pérdida de fertilidad, la contaminación y otros problemas asociados a la agricultura, urbanización y crecimiento poblacional acelerado en la zona.

Por lo tanto, es importante encontrar alternativas que puedan mejorar la calidad de las tierras secas para optimizar los recursos relacionados con el mantenimiento del parque o ciertas actividades. Se ha demostrado que el carbón hidrotermal tiene un efecto pronunciado en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos áridos. El carbón hidrotermal se ha utilizado ampliamente como enmienda del suelo para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo.

El objetivo de la investigación es evaluar el efecto del carbón hidrotermal aplicado en los suelos de los parques de Carabayllo para determinar si existe el cambio significativo en las propiedades fisicoquímicas. La metodología será el plan de muestreo para obtener una muestra representativa compuesta de los diversos parques, luego la aplicación directa del carbón hidrotermal elaborado a partir de los lodos residuales de planta de tratamiento de agua de Carapongo el cual va ser estar contacto con el suelo por un período de tiempo.

La presente investigación justifica optar por soluciones de valorización material en caso los lodos residuales para mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo para un mejor mantenimiento de los parques del distrito. Los resultados esperados son la obtención de un excelente carbón hidrotermal que pueda brindar una mejor estructura del suelo, porosidad, mejora de la actividad microbiana y retención de la humedad.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Desde 2015 hasta la actualidad, se ha incrementado la preocupación a nivel global por la calidad del suelo. Investigaciones y publicaciones científicas han documentado la degradación del suelo en diversas regiones del mundo, con consecuencias negativas para la agricultura, la seguridad alimentaria, la biodiversidad y el cambio climático. Según la FAO, aproximadamente un tercio de los suelos mundiales están degradados debido a factores como la erosión, la salinización, la acidificación y la contaminación química. Esta degradación del suelo disminuye la capacidad de producción agrícola, lo cual puede intensificar la presión sobre los ecosistemas naturales y contribuir a la pérdida de biodiversidad. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., 2016)

El cambio climático global afecta negativamente la calidad del suelo. Eventos climáticos extremos como sequías, inundaciones y tormentas intensas provocan la erosión del suelo y pérdida de nutrientes, lo que perjudica la agricultura y la sostenibilidad del suelo. La contaminación del suelo con pesticidas, metales pesados y productos farmacéuticos también es preocupante, ya que afecta la salud humana, la calidad del agua y la biodiversidad. La urbanización rápida, la conversión de tierras agrícolas para uso urbano e industrial, y la explotación excesiva de los recursos naturales también contribuyen a la degradación del suelo. Estudios científicos y reportes como el de la FAO en 2015 y el Informe Especial del IPCC en 2019 instan a tomar medidas internacionales para proteger y mejorar la calidad del suelo. (Masson-Delmotte et al., 2020)

En el análisis de 384 artículos sobre desertificación mediante teledetección, se identificaron 48 países estudiados. China es el país más investigado, con 177 artículos publicados desde 1999 hasta 2021. Asia presenta la mayor cantidad de estudios (245), mientras que África cuenta con 45 y América con 35. La región del Sahel en África y el Mediterráneo en Europa

son focos de investigación. Se encontraron 7 estudios a escala global y algunos regionales que abarcan múltiples países. Marruecos es el país más estudiado en África (10 artículos), Argentina en América (13 artículos) y España en Europa (6 artículos). Existe una disparidad geográfica en los lugares estudiados, lo que puede reflejar una brecha en la investigación o una oportunidad para desarrollar políticas y estrategias adaptadas a cada región. (Rivera-Marin et al., 2022)

La carbonización hidrotérmica (HTC) es una tecnología de pretratamiento que convierte la biomasa residual en materiales carbonosos densos. Estos materiales tienen diversas aplicaciones en energía, medio ambiente, mejora del suelo y recuperación de nutrientes. Durante el proceso de HTC, la biomasa se transforma en hidrochar sólido de alta densidad energética y un residuo líquido con compuestos volátiles y oxigenados. El hidrochar se usa para la combustión directa y el almacenamiento de energía, mientras que los medios carbonosos porosos son útiles en la adsorción de contaminantes. Además, el HTC puede mejorar la recuperación de nutrientes y actuar como acondicionador del suelo, promoviendo el crecimiento de las plantas y mitigando la desertificación. Esta revisión proporciona una visión de las diversas aplicaciones del hidrochar según los parámetros operativos que influyen en sus propiedades, adecuándose a las necesidades de cada aplicación específica. (Maniscalco et al., 2020)

Una experiencia de éxito en Latinoamérica es el estudio titulado "Evaluación del carbono hidrotermal como enmienda del suelo para la agricultura sostenible en América Latina" publicado en la revista "Agricultura, Sociedad y Desarrollo" (Vol. 15, No. 2). En este estudio, los autores evaluaron el efecto del carbono hidrotermal en la calidad del suelo y en el crecimiento de plantas de maíz y frijol en un suelo degradado en México. Los resultados mostraron que la aplicación de carbono hidrotermal mejoró significativamente la estructura del suelo, aumentó la retención de nutrientes y promovió un mayor crecimiento de las plantas, lo que sugiere su potencial como enmienda del suelo en la agricultura sostenible en América Latina. (Pérez-González et al., 2018)

La problemática de calidad del suelo en Perú es un tema de preocupación ambiental debido a varios factores, incluyendo la erosión del suelo, la contaminación con metales pesados y pesticidas, la degradación del suelo debido a prácticas agrícolas insostenibles y la pérdida de biodiversidad en los suelos. Estos problemas tienen un impacto directo en la productividad agrícola, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental del país. En Perú, un país con una gran diversidad de suelos y condiciones climáticas, el uso de carbono hidrotermal en suelos puede tener varias ventajas. Por ejemplo, el carbono hidrotermal puede mejorar la capacidad de retención de agua del suelo, lo que puede mejorar especialmente en suelos arenosos o de baja capacidad de retención de agua. Además, el carbono hidrotermal puede mejorar la estructura del suelo, aumentar la porosidad y promover la formación de agregados, lo que puede mejorar la infiltración del agua y reducir la erosión del suelo. El carbono hidrotermal también puede actuar como una fuente de nutrientes para las plantas, lo que puede mejorar la fertilidad del suelo y promover el crecimiento de las plantas. (Chambi C, et al 2019)

Una experiencia de éxito de la importancia del uso de carbon hidrotermal en suelos en Perú es el estudio titulado "Efectos de la enmienda de hidrochar en las propiedades del suelo y el crecimiento de cultivos en suelos degradados de la Amazonía peruana", publicado en la revista Sustainability en 2019. Este estudio investigó los efectos de la aplicación de hidrochar en suelos degradados de la Amazonía peruana y encontró que la enmienda de hidrochar mejoró significativamente las propiedades del suelo, incluyendo la capacidad de retención de agua, la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes, lo que resultó en un mejor crecimiento de los cultivos. Este estudio respalda la importancia del uso de carbono hidrotermal en suelos en Perú como una estrategia potencial para mejorar la calidad del suelo y promover la sostenibilidad agrícola en zonas degradadas.

La problemática de suelos a nivel local en Carabayllo, un distrito ubicado en Lima, Perú, ha sido objeto de estudio e investigación por parte de diversos autores y expertos en el campo. Uno de los autores que ha abordado este tema

es el Dr. Carlos Zavala, reconocido geógrafo y especialista en estudios ambientales en Perú. Este autor ha realizado investigaciones sobre la problemática de los suelos en Carabayllo, centrándose en aspectos como la degradación de los suelos, la erosión, la pérdida de fertilidad, la contaminación y otros problemas asociados a la agricultura, urbanización y crecimiento poblacional acelerado en la zona. El Dr. Zavala ha destacado la importancia de abordar esta problemática de manera integral, promoviendo una gestión adecuada del suelo que incluye la planificación y regulación del uso del suelo, la promoción de prácticas de conservación y manejo sostenible del suelo, la educación ambiental y la participación ciudadana en la toma de decisiones. Sus investigaciones han servido como base para la implementación de medidas y políticas destinadas a reducir la problemática de suelos en Carabayllo y promover un manejo sostenible del suelo en la zona. (González, L. 2020)

La contaminación del suelo tiene un impacto significativo en sus propiedades físicas y químicas. A continuación, se describen algunas de las principales formas en que la contaminación del suelo puede afectar estas propiedades:

- **Textura del suelo:** La contaminación del suelo puede alterar la textura del suelo, que es la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo. Por ejemplo, la acumulación de contaminantes como pesados y sustancias químicas orgánicas puede modificar la estructura de los agregados del suelo, lo que a su vez puede alterar la textura del suelo y su capacidad para retener agua y nutrientes (Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. 2010)
- **pH del suelo:** La contaminación del suelo también puede afectar el pH del suelo, que es una medida de la acidez o alcalinidad del suelo. Por ejemplo, la deposición de contaminantes ácidos, como el dióxido de azufre (SO₂) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) provenientes de la quema de combustibles fósiles, puede acidificar el suelo y reducir su pH (Brevik, et al 2014).
- **Contenido de nutrientes:** La contaminación del suelo también puede afectar el contenido de nutrientes en el suelo. Algunos contaminantes,

como los metales pesados, pueden afectar con la disponibilidad y absorción de nutrientes por parte de las plantas, lo que puede afectar la calidad del suelo y la salud de las plantas (Alloway,2013).

- Actividad biológica: La contaminación del suelo también puede tener un impacto en la actividad biológica del suelo, incluyendo la diversidad y la abundancia de microorganismos y organismos del suelo. Algunos contaminantes químicos, como pesticidas y productos químicos industriales, pueden ser tóxicos para la biota del suelo, lo que puede alterar la alteración de la materia orgánica, la ciclación de nutrientes y otros procesos biológicos en el suelo (Singh, et al 2015), Estas son solo algunas de las maneras en que la contaminación del suelo puede afectar las propiedades físicas y químicas del suelo. Es importante tener en cuenta que el impacto exacto de la contaminación del suelo puede variar dependiendo del tipo y la cantidad de contaminantes presentes en el suelo, así como del tipo de suelo y las condiciones ambientales locales.

En general, la aplicación de hidrocarbón a los suelos puede mejorar la calidad del suelo, aumentar la materia orgánica del suelo y capturar más CO₂ que otros medios como el biocarbón. (Aguilar, 2017 Evaluación del biochar e hidrochar como medios como medios para captura de carbono en el suelo). Por lo tanto, el uso potencial del carbón hidrotermal de lodos de PTAR es un método prometedor para mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo. El distrito de Carabaylo es un distrito catalogado como un distrito con un gran potencial de crecimiento y cuenta con la mayor cantidad de parques en todo el Lima metropolitana, este distrito sufre de un problema en la aridez de los suelos de los parques por encontrarse en una zona costera, haciendo incrementar sus gastos operativos a nivel municipal, por lo tanto, el uso de carbón hidrotermal en el suelo podría proporcionar muchos beneficios.

1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿El efecto del carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo en parques del distrito de Carabaylo - Sector 2, Lima-2023?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas de los suelos en parques del distrito de Carabaylo??
- ¿Cuáles son los efectos de la dosificación de carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia en las propiedades físico-químicas del suelo?
- ¿Cuál es el nivel de efectividad de la dosificación del carbón hidrotermal en las propiedades físico-químicas que contribuyan en la mejora de los suelos?

1.3. Objetivos

1.3.2. Objetivo general

Evaluar el efecto del carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia en las propiedades fisicoquímicas del suelo en parques del distrito de Carabaylo - Sector 2, Lima-2023.

1.3.3. Objetivos específicos

- Caracterizar de las propiedades fisicoquímicas de los suelos en parques del distrito de Carabaylo.
- Determinar el efecto de la dosificación de carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia en las propiedades físico-químicas del suelo.
- Determinar el nivel de efectividad de cada dosificación del carbón hidrotermal en las propiedades físico-químicas que contribuyan en la mejora de los suelos.

1.4. Justificación

1.4.2. Justificación Ambiental

La presente investigación está dirigida al análisis del efecto del carbón hidrotermal sobre el suelo y sus propiedades fisicoquímicas. Las razones para realizar este estudio se deben a que en los últimos años la contaminación del suelo y su degradación va en aumento, fenómenos tales como la erosión, pérdida de carbono orgánico son algunos de los problemas que presenta los suelos a nivel global. Esta investigación parte de dosificar el carbón hidrotermal en el suelo y ver su efecto en las propiedades fisicoquímicas del suelo. La importancia de este estudio sobre el uso de carbón hidrotermal en su dosis más eficiente sobre el suelo nos permite promover el uso de este producto orgánico (carbón hidrotermal) y mejorar la calidad de los suelos.

1.4.3. Justificación Legal

La presente investigación contribuye en el cumplimiento de normativas ambientales nacionales en referencia al suelo, el Decreto Supremo N°012-2017-MINAM, propone la gestión de suelos contaminados mediante un plan de remediación. La aplicación de carbón hidrotermal en anteriores estudios ha demostrado mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos, y de esta manera contribuir en el plan de remediación.

El Decreto Supremo N°011-2017- MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el suelo en su condición de cuerpo receptor. El carbón hidrotermal aplicado en suelos contribuye a la mejora de sus propiedades fisicoquímicas y a cumplir con los estándares de calidad ambiental del suelo.

1.4.4. Justificación Teórica

El autor de la definición de "Carbón hidrotermal" es (Kookana et al 2011), y el autor de definición "Las propiedades fisicoquímicas del suelo" es Spokas, KA et al 2012 y la teoría de la ingeniería ambiental relacionada a este estudio

es la teoría de la restauración ambiental. La presente investigación será utilizada con fines de divulgación de teorías y enfoques conceptuales contribuyendo así con la consistencia e incremento del conocimiento en el área ambiental.

1.4.5. Justificación Metodológica

Debido al análisis de laboratorio, se puede obtener información crítica sobre la calidad del suelo y tomar medidas informadas para la enmienda de esta. Sin estos datos, sería difícil saber cómo abordar los problemas del suelo y saber si el suelo tiene problemas de erosión y degradación. En resumen, el análisis de laboratorio en estudios de suelo es crucial para informar las decisiones de manejo del suelo y garantizar la salud y la resiliencia del ecosistema. Después de tomar las muestras de suelo y enviarlas al laboratorio para su análisis, recibe la ficha de resultados analíticos que detalla los hallazgos del laboratorio. Esta ficha de resultados analíticos es esencial para interpretar los resultados del análisis de laboratorio y comprender cómo estos resultados pueden influir en las decisiones de gestión del suelo. A través de la ficha de resultados analíticos, se puede ver los indicadores de nuestra variable dependiente. Estos instrumentos de evaluación en suelos son usados también para determinar si el suelo es apto para la ejecución en proyectos civiles ya que sin la aprobación de estos no se podrían ejecutar mega construcciones.

1.4.6. Justificación Práctica

La presente investigación justifica que el carbón hidrotermal puede ser aplicado a diferentes tipos de suelos áridos o semiáridos con una enmienda orgánica que facilite la mejora de las propiedades fisicoquímicas del recurso suelo y permitir una mayor productividad en el crecimiento de las plantas de los parques de Carabayllo. La importancia del carbón hidrotermal es la alternativa de ser obtenido de diversas fuentes orgánicas en nuestra investigación de los lodos residuales de una planta de tratamiento aerobia debido al contenido de nitrógeno y fósforo que son nutrientes indispensables para las plantas. Puede ser aplicado también a suelos agrícolas debido que al mejor la parte estructural del suelo permitiría una mayor retención de la humedad.

1.4.7. Justificación Económica

La producción de carbón hidrotermal es una alternativa de valorización material que permite obtener un producto que tiene muchos beneficios para el suelo como enmienda orgánica. En la investigación y el desarrollo del uso de carbón hidrotermal también podrían generar nuevas oportunidades de empleo para un desarrollo económico del distrito de Carabayllo dentro de un margen de la bioeconomía circular, además la reducción de los costos del presupuesto para el mantenimiento de áreas verdes de la Municipalidad de Carabayllo. Esto podría mejorar la calidad de vida de las personas, especialmente en regiones donde la economía local se basa en la extracción de combustibles fósiles, también permite reducir el costo de la disposición de lodos residuales en los rellenos sanitarios de nuestro territorio. En el estudio del análisis técnico económico de la producción del biocarbón a partir de residuos de astillas de maderas para una cantidad de 1 tonelada métrica a diferentes precios de \$162, \$264 y \$1044, algunas mejoras en su tecnología pueden disminuir los precios en un mercado. (Sahoo et. al 2019).

1.4.8. Justificación Social

Si bien aún se requiere más investigación, el uso de carbón hidrotermal tiene el potencial de mejorar la calidad de vida de diversas maneras. A continuación, se describen algunas de las formas en que esta investigación podría influir en la mejora de la calidad de vida:

Producción de energía limpia y renovable: El carbón hidrotermal puede ser utilizado como una fuente de energía renovable y sostenible, lo que contribuiría a reducir la dependencia de combustibles fósiles y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. La producción de energía limpia y renovable es crucial para mejorar la calidad del aire y reducir la contaminación, lo que a su vez mejora la salud y la calidad de vida de las personas.

Remediación ambiental: El carbón hidrotermal también tiene el potencial de ser utilizado en la remediación de suelos y aguas contaminadas. La capacidad del carbón hidrotermal para adsorber contaminantes podría ser útil

para la limpieza de sitios contaminados, lo que mejoraría la calidad del agua y del suelo y reduciría los riesgos para la salud humana.

Creación de empleo y desarrollo económico: La investigación y el desarrollo del uso de carbón hidrotermal también podrían generar nuevas oportunidades de empleo y desarrollo económico en las comunidades locales. Esto podría mejorar la calidad de vida de las personas, especialmente en regiones donde la economía local se basa en la extracción de combustibles fósiles.

En conclusión, el uso de carbón hidrotermal es un área de investigación prometedora que tiene el potencial de mejorar la calidad de vida a través de la producción de energía limpia y renovable, la remediación ambiental y la creación de empleo y desarrollo económico. Sin embargo, es importante seguir investigando y desarrollando tecnologías sostenibles y eficientes para garantizar que el uso del carbón hidrotermal sea seguro y beneficioso para la salud humana y el medio ambiente.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitante Teórica

La delimitación encontrada en nuestra investigación es de que no existe muchas investigaciones en la producción de carbón hidrotermal a partir de lodos en una PTAR aerobia. Así mismo no se ha reportado cual es la temperatura óptima de trabajo para la producción del carbón hidrotermal cuando la fuente deriva de lodos residuales.

1.5.2. Delimitante temporal

La elaboración de carbón hidrotermal puede variar en tiempo dependiendo de diversos factores, como las condiciones de temperatura y presión, el tipo y cantidad de materia prima utilizada, entre otros. La experimentación se llevó por un período de 20 días desde la aplicación del carbón hidrotermal hasta su análisis fisicoquímico final.

1.5.3. Delimitante espacial

La falta de un laboratorio especializado en análisis de suelo en la facultad de Ingeniería Ambiental y de RRNN de la Universidad Nacional del Callao representa una limitante. Es por ello, que se requerirá de un laboratorio externo especializado para poder hacer los análisis del suelo en estudio. Mientras que para la obtención de los suelos y no tuvimos limitante alguna debido a que las muestras de suelo las pudimos tomar de los parques del distrito de Carabayllo y por ser zonas de acceso libre no se tuvo algún tipo de injerencias.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Es fundamental tener antecedentes en una investigación ya que estos permiten conocer lo que se ha investigado previamente sobre el tema de interés y así poder identificar posibles vacíos o lagunas en el conocimiento existente. Además, los antecedentes ayudan a contextualizar el tema, establecer bases teóricas y metodológicas sólidas y fundamentar la relevancia y originalidad de la investigación. Como lo afirma Lourdes M. Reyes en su libro "Metodología de la Investigación Científica"

2.1.1. Antecedentes internacionales

Wang et al. (2022), en su artículo titulado "Efficient conversion of sewage sludge into hydrochar by microwave-assisted hydrothermal carbonization" Traducción: Conversión eficiente de lodos de depuradora en hidrocarbón mediante carbonización hidrotermal asistida por microondas. El objetivo fue analizar la carbonización hidrotermal asistido por un microondas a diferentes temperaturas. La metodología empleada fue a partir de los lodos de la planta de tratamiento son trasladados a un deshidratador mecánico y pasaron a un secador a 105 °C durante 12 horas. Se utilizó dos catalizadores (óxido de calcio y ácido fosfórico). Los experimentos HTC (carbonización hidrotermal) asistidos por microondas a una temperatura de reacción de 260 °C y 6 MPa de presión. Se determinó la relación sólido - líquido. El producto sólido de hidrochar (HC) se llevó a una estufa a misma temperatura y tiempo referidos anterior. Se realizó los análisis químicos de los lodos residuales y los hidrochar obtenidos para su comparación. Adicional determinar la composición elemental de C, H y N. En el proceso de carbonización hidrotermal conocido como HTC asistido por microondas se llegó a la conclusión que el rendimiento de HC disminuyó al aumentar la temperatura y el tiempo de reacción y aumentó la relación sólido - líquido. Los principales nutrientes (N/P/K) se inmovilizaron en el HC reduciendo la pérdida de nutrientes. Esta investigación nos brinda la información de otros mecanismos para realizar la carbonización hidrotermal.

(Raj et al., 2021) en su artículo de investigación titulado "*Preparation, characterization and agri applications of biochar produced by pyrolysis of sewage sludge at different temperaturas*", tuvieron como objetivo elaborar hidrocarbón producido a partir de lodo residual (BLR) a distintas temperaturas para analizar su contenido de nutrientes, contaminantes y su aplicación potencial en la agricultura. Para ello, tuvieron con metodología elaborar el hidrocarbón a 350 °C, 400 °C, 450 °C y 500 °C. Los resultados indicaron que el nitrógeno total, la conductividad eléctrica y el carbono orgánico total en el BLR disminuían con un incremento en la temperatura de pirolisis. La concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en el BLR era menor (1.8 – 9.7, dependiendo de la temperatura de pirolisis) que en el lodo residual. Además, en comparación con el lodo residual, la tasa de lixiviación de los metales pesados disminuyó significativamente en el BLR y que a una temperatura de 400 °C – 500 °C, se evitó la lixiviación del Ni, Pb, Cr y Zn en el BLR. La concentración de metales pesados y de HAP estuvo por debajo de los máximos permitidos para su aplicación en suelo. Se concluye, del estudio el efecto del hidrocarbón en el crecimiento de la Alholva, demostrando que, a una temperatura de pirolisis de 350 °C, se aumentó significativamente el crecimiento de los tallos y raíces. Este artículo nos muestra la metodología que permite conocer las diversas fuentes para la producción del carbono hidrotermal y su potencial en la mejora de las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Irfan et al., (2019) en su trabajo de investigación titulado "*Response of soil microbial biomass and enzymatic activity to biochar amendment in the organic carbon deficient arid soil: a 2-year field study*" su objetivo fue evaluar los efectos del uso conjunto del hidrocarbón con fertilizantes nitrogenados del suelo en una región árida. Para ello, se empleó la metodología a cabo de un experimento de campo de 2 años en una región árida para evaluar el uso conjunto de hidrocarbón y fertilizante nitrogenado (N) en la biomatriz microbiana del suelo y la actividad enzimática en la rizosfera del cultivo de trigo. El bagazo de caña de azúcar fue usado para producir hidrocarbón a una temperatura de 400 °C y se aplicó con tres niveles de hidrocarbón (0, 0,5 y 1% C /ha) sobre una base de carbono equivalente en presencia y ausencia de

fertilización con N (46 kg N/ha). Se aplicaron dosis de hidrocarbón a parcelas que tenían dimensiones (4,5 m × 1,5 m) siguiendo un diseño de bloques completos al azar (RCBD). Se agregó hidrocarbón al suelo antes de la siembra del trigo y se tomaron muestras de suelo de cada tratamiento en la madurez del cultivo. Las enmiendas de hidrocarbón mejoran el contenido de carbono orgánico del suelo, COD (carbono orgánico disuelto), N inorgánico, humedad del suelo, se redujo la densidad aparente y la salinidad del suelo tanto en la temporada de crecimiento del trigo. En los tratamientos sin fertilización de N (1% hidrocarbón), el contenido de SOC (carbono orgánico de suelo), TN y de humedad del suelo mejoró en un 23%, 27% y 24% y en un 9%, 13% y 10% con una dosificación de 0.5% de hidrocarbón en comparación con el tratamiento en el que no se aplicó hidrocarbón ni fertilizante, respectivamente. Los resultados revelaron que la adición de hidrocarbón derivado del bagazo de caña de azúcar se puede utilizar para mejorar la salud del suelo, el estado de los nutrientes y las funciones biológicas del suelo en el suelo calcáreo de la región árida. Se concluye, la importancia de agregar carbón hidrotermal al suelo para mejorar la productividad de las plantas.

Glazunova et al., (2018), en su artículo titulado “*Assessing the Potential of Using Biochar as a Soil Conditioner*”, se plantearon como objetivo analizar el efecto potencial agrícola del hidrocarbón elaborado a partir de estiércol de pollo (BEP) y lodos provenientes de tratamiento de aguas residuales (BLPTAR). La metodología a emplear fue dicho hidrocarbón a una temperatura de pirólisis de 550 °C y obtuvieron que el BEP tuvo un pH de 5.80, mientras que el pH del BLPTAR fue 4.2, además de una conductividad de 6.42 mS/cm⁻¹ y 1.02 mS/cm⁻¹, respectivamente. En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico, se estimó 7.6 cmol/kg y 45 cmol/kg para el BEP y BLPTAR, respectivamente. En lo que se refiere al contenido de carbono orgánico total, la BEP presentó un 24.93%, el cual fue el doble de contenido observado en el BLPTAR con 12.36%. Además, mediante la microscopía electrónica de barrido y el análisis de distribución de tamaño de partículas por láser, determinaron que el BLPTAR contenía partículas en un rango de 1 a 200 µm, mientras que las partículas del BEP se encontraban en un rango de 2 a 2000 µm. Para poder observar la

influencia de estos dos tipos de hidrocarbón, se añadió en el suelo en una concentración del 1% y además se colocaron semillas de trigo. De esta forma, lograron un índice de germinación del 97% en el suelo tratado con PLPTAR, mientras que el índice de germinación del suelo tratado con BEP fue de 78%. De este modo, concluyen que las características físicas y químicas del hidrocarbón, además del índice de germinación, dependen del tipo de residuo empleado. El artículo de investigación nos demuestra la importancia de diversas fuentes que pueden obtener el carbón.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Revista Ecología Aplicada, Uso de biocarbón en el balance de nitrógeno en suelos aluviales de San Ramón / Chanchamayo / Perú.04/06/2021 Mariela Leveau, Sebastian Dumler, Ruy Anaya De La Rosa, Julio Alegre y Brenton Ladd.El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de biocarbón en el rendimiento de maíz y el balance de nitrógeno en suelos (Entisoles con deposición aluvial) en San Ramón (Perú). El proyecto se realizó en la estación experimental de la Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible (APRODES), en el distrito de San Ramón, Provincia de Chanchamayo, Materiales. La metodología empleada fue la formulación de cinco tratamientos: control (T1), estiércol de cerdo (T2), biocarbón (T3), biocarbón con ajuste de pH (T4), biocarbón con ajuste de pH y relación de C/N (T5). Diseño Experimental Para evaluar el efecto del biocarbón, se sembraron semillas de maíz (*Zea mays* L.) variedad amarillo duro “Marginal 28 Tropical” (INIA, 2008). El experimento se realizó entre mayo y septiembre del 2016. Estainvestigación se concluyó que las enmiendas con biocarbón tienen efectos positivos en el rendimiento del cultivo del maíz mientras limitan la pérdida de nitrógeno. La utilidad de este articulo nos permite entender que el uso de biocarbón un subproducto similar al hidrocarbon (solo requiere otro tratamiento)nos genera mejora del suelo.

Solisor, (2021), en su tesis titulada “*Efecto del biochar del Eucalipto (Eucalyptus globulus) en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del Rabanito (Raphanus sativus) - Huánuco 2020*” tuvo como

objetivo comparar el efecto del biocarbon del eucalipto para la mejora de la calidad del suelo y las características morfológicas del rabanito. Para ello, la metodología empleada un tipo de muestreo no probabilístico, siendo el muestreo intencionado o por conveniencia. Se hicieron uso de 15 bandejas, donde las 5 primeras se llenaron con 15 kg de tierra árida. Las otras 10 bandejas, se rellenaron con 15 kg de sustrato, con una concentración de hidrocarbón de 15 % para 5 bandejas y 30 % para las restantes. A todas las bandejas se les sembró rabanito y se dejaron por 45 días. Pasados los 45 días, se caracterizaron las propiedades físicas y químicas del suelo para poder evaluar el efecto del hidrocarbón. De este modo, obtuvieron que se incrementó el pH considerablemente en el suelo tratado con 15 % de hidrocarbón. Sin embargo, el contenido de materia orgánica solo fue de 1.4 %. En el suelo tratado con 30 % de hidrocarbón, también se observó un incremento notable en el nivel del pH y el contenido de materia orgánica fue mayor (2.5 %). Así mismo, procedieron con el análisis inferencial con la t de Student para muestras independientes para determinar el nivel de significancia al 5 %. De este modo, el biochar presenta un efecto significativo en la calidad del suelo para ambos tratamientos. Se concluye que el hidrocarbón de Eucalipto tiene un impacto significativo en la calidad del suelo. La utilidad de esta investigación es que nos muestra el antecedente más cercano que se asemeja al objetivo que tenemos en nuestra tesis ya que no hay muchas investigaciones con referencia a nuestro tema.

Zamora, (2020) en su tesis titulada "*El biochar de guadua angustifolia kunth procedente de los residuos del aprovechamiento de plantaciones forestales como enmienda orgánica para el suelo*" su objetivo fue evaluar el biochar de *Guadua angustifolia kunth* (bambú) como enmienda orgánica para el suelo. La metodología a emplear en primer lugar, el hidrocarbón se elaboró a base de *guadua angustifolia kunth*, mediante pirólisis lenta en un rango de temperatura de 400 a 530 °C. Se aplicó las concentraciones de: 20, 40, 80 y 160 gramos en macetas de 10kg. Posterior a ello, se evaluaron las propiedades fisicoquímicas del suelo, el crecimiento y desarrollo del cultivo indicador (*Zea mays* L.). Cada tratamiento tuvo 05 repeticiones y las macetas se distribuyeron

al azar. Se obtuvieron rendimientos de 26.35 a 29.28 % para la producción de biochar. La aplicación del biochar en dosis de 80 y 160 gramos dieron como resultados tendencias de incremento en la altura, grosor de tallo, biomasa aérea y radicular del cultivo. En cuanto a las propiedades físicas y químicas del suelo no se observaron cambios significativos, debido al corto tiempo de interacción entre el biochar y el suelo. Los resultados obtenidos estarían asociados a la mejora de las características del sustrato post aplicación de la enmienda orgánica en forma de biochar. Por ello concluyen que la aplicación del hidrocarbón de *Guadua angustifolia* Kunth al suelo es una alternativa eficiente y sostenible por aprovechar residuos de plantaciones forestales lo que promueve la economía circular. La utilidad de esta tesis es confirmarnos que la elaboración del carbón hidrotermal es una alternativa eficiente para mejorar los suelos.

Asto, (2017), en su tesis titulada "*Efecto del biocarbón a base de excretas de cuy y cáscara de naranja en las propiedades físicas y químicas de los suelos áridos - Los Olivos, 2017*" tuvo como objetivo determinar los efectos del biocarbón elaborados a partir de las excretas de cuy y cáscara de naranja en las propiedades fisicoquímicas del suelo árido en Los Olivos. Para la parte metodológica empleada primero se elaboró el biocarbón luego se estabilizó, se dosificó el biocarbón en cada cama de repique con capacidad de 10 kilos que contenía el suelo árido de acuerdo al diseño experimental, seguidamente se estudió la adaptación del suelo y finalmente se realizaron los respectivos análisis al suelo. La caracterización inicial del suelo mostró que su textura era Franco arenoso con 0.92% de humedad (seco), con una conductividad eléctrica de 4,06 dS/m, pH de 7.66, 3.09% de materia orgánica; capacidad de intercambio catiónico de 5.57, 62.69 ppm de P, 626 ppm de K, 1.42 (meq/100 gr suelo) de magnesio, 0.17 (meq/100 gr suelo) de sodio, 20.36 (meq/100 gr suelo) de calcio y 5.57% de carbonato de calcio. Las proporciones de biocarbón aplicadas fueron 5% (Tratamiento 1 -T1), 10% (Tratamiento 2-T2) y 0% (testigo, Tratamiento 3-T3). A cada tratamiento se realizaron 4 réplicas, los experimentos se llevaron a cabo durante 3 meses, inicialmente durante las primeras 11 semanas el suelo no se regó, posterior a ese tiempo se aplicó riego

manual. Se obtuvo como resultados durante el periodo de las primeras 11 semanas un contenido de humedad de 0,92% y un pH de 7,66. Luego de las 11 semanas se presentó en el T1 una humedad final de 3,2% y en el T2 tuvo como porcentaje de humedad final 4,5%. Los valores finales de pH para el T1 fue 7,59 y para el T2 fue 7,85. Posteriormente con la adición de agua al suelo, la humedad del T1 aumentó a 14% y el porcentaje de humedad al final de los 30 días fue de 10%. Con respecto al T2 la humedad inicial fue 15% que luego de los 30 días fue de 12%. Los resultados mostraron un efecto positivo en aumento del porcentaje de humedad del suelo evidenciando así una mejora significativa en las propiedades físicas del suelo. Además, los resultados de análisis de caracterización de suelos revelaron un incremento de los micro y macronutrientes, una reducción de la capacidad de Intercambio catiónico (CIC). Por lo que concluyen que la aplican de biocarbón a base de excretas de cuy mejora las condiciones y propiedades del suelo en cuanto a humedad, contenido de nutrientes. La importancia de esta investigación fue demostrar que el uso del biocarbon mejora las propiedades fisicoquímicas de los suelos, algo que nosotros buscamos dentro de nuestros objetivos.

Zegarra, (2015) en su tesis titulada "*Uso de biocarbón elaborado con vísceras de pescados y lodos de lagunas de oxidación para el mejoramiento de suelos áridos del distrito de Ancón-Lima-Perú*" su objetivo fue determinar la influencia del biocarbón elaborado a base vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación en la mejora de los suelos áridos del distrito de Ancón. En la metodología empleada fue que trabajaron en 16 cuadrantes de 1 m² cada uno, en las cuales se dosificó el biocarbón en las proporciones de 0%(control), 5% ,10% y 15% para una base de 100kg de enmienda, las enmiendas fueron distribuidos de forma aleatoria mediante el método de Bloques completamente randomizado. El biocarbón se produjo una temperatura de 600°C en condición de pirólisis por 3 horas en un horno ecológico pirolítico con residuos, en una proporción de 50% (residuos verdes secos de la poda de las áreas verdes), 25% (vísceras de pescado) y 25% (lodos de lagunas de oxidación). En cada cuadrante se sembró 12 individuos de la especie *Solanum multifidum lam* conocida como Papa Nativa, para evidenciar que las enmiendas no son

perjudiciales para el suelo además de analizar el comportamiento de esta especie con el Biocarbón mediante el monitoreo de la germinación (porcentaje), mediciones de altura (velocidad de crecimiento), y estado fitosanitario de la especie *Solanum multifidum Lam.* Los resultados evidenciaron una mejora significativa en la velocidad de crecimiento, germinación y estado fitosanitario de la especie *Solanum multifidum Lam* en los cuadrantes, siendo el tratamiento 2 (10% de aplicación) el que presentó mejores resultados. Los resultados de análisis de suelos posterior a la aplicación mostraron incremento en los micro y macronutrientes que a su vez ayudó a mejorar la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Por la tanto concluyen que el biocarbón elaborado a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación mejoró las propiedades de los suelos áridos del distrito de Ancón y el desarrollo de la especie *Solanum multifidum Lam*, convirtiéndolo en una alternativa de mejorador de suelos. La utilidad de esta tesis es darnos como referencia las dosificaciones que utilizaron para el uso del hidrocabón en la mejora de suelos ya que es muy importante tener en cuenta la cantidad a dosificar en la cantidad adecuada para lograr los objetivos de la investigación.

2.2. Base Teórica

Teoría de la restauración ambiental: Esta teoría se enfoca en la restauración y la rehabilitación de ecosistemas degradados o dañados. Incluye el diseño y la implementación de estrategias para la recuperación de la biodiversidad y la mejora de la calidad del suelo, agua y aire. (Jørgensen, S. E., & Fath, B. D. (2011).

Esta es una de las teorías más importantes en la ingeniería ambiental. Como campo interdisciplinario, la ingeniería ambiental también se basa en conceptos de la química, la biología, la física, la geología y otras disciplinas científicas. La aplicación de carbón hidrotermal en suelos degradados mejora sus propiedades químicas y físicas.

Esta teoría tiene una relación con nuestro estudio de suelos para su enmienda o mejora, cual deseamos determinar la efectividad de la aplicación

del carbón hidrotermal y su dosificación en el suelo para determinar en cuánto mejora este.

2.2.1. Carbón hidrotermal

El carbón hidrotermal, también conocido como hidrocarbón, es un material carbonoso producido por la carbonización hidrotermal (HTC) de materia orgánica bajo condiciones acuosas, de alta presión y alta temperatura. HTC es un proceso termoquímico que imita el proceso natural de formación del carbón, pero en una escala de tiempo más corta, que suele tardar entre unas horas y unos días en completarse.

El Hidrocarbón tiene varias aplicaciones potenciales, incluso como enmienda del suelo para mejorar la fertilidad del suelo y el secuestro de carbono. Los estudios han demostrado que la aplicación de hidrocarbón puede aumentar el contenido de carbono orgánico del suelo, mejorar la actividad microbiana del suelo, mejorar la retención de nutrientes y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del suelo.

La dosis de hidrocarbón para la aplicación al suelo depende de varios factores, como el tipo de suelo, el tipo de cultivo y el resultado deseado. Generalmente, la dosis recomendada está en el rango de 1-10% por peso. (Kookana et al 2011).

El carbón hidrotermal se refiere a un tipo de carbón que se forma a partir de la reacción de la biomasa con agua a altas temperaturas y presiones, en ausencia de oxígeno. Este proceso se conoce como hidrotermal y se cree que es responsable de la formación de una gran cantidad de carbón a lo largo de la historia geológica de la Tierra. (Strapoć et al 2015)

El carbón hidrotermal es un tipo de carbón que se forma a través de la hidrólisis y condensación de materia orgánica bajo altas temperaturas y presiones en ausencia de oxígeno. (H. Y. Sohn and S. S. Kwon, "Hydrothermal carbonization of lignocellulosic biomass," Bioresource Technology)

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) ha publicado informes en los que se menciona la tecnología de hidrotermalización de biomasa como una

forma de producir biocombustibles líquidos y carbón hidrotermal a partir de materiales orgánicos renovables, en un proceso que involucra la conversión de la biomasa en un líquido orgánico mediante la aplicación de altas temperaturas y presiones en presencia de agua. (Murata et al 2015)

El carbón hidrotermal es un producto sólido rico en carbono obtenido del tratamiento hidrotermal de biomasa o residuos orgánicos a temperaturas y presiones elevadas en presencia de agua. El proceso imita la carbonización natural que ocurre durante millones de años en la corteza terrestre, creando materiales con propiedades similares a los combustibles fósiles. Cuando se aplica al suelo, el carbono hidrotermal puede mejorar la fertilidad y la estructura del suelo y contribuir al secuestro de carbono. La dosis de carbono hidrotermal necesaria para la enmienda del suelo depende del tipo de suelo, el cultivo y las condiciones ambientales. (Hoekman et al 2011)

Elegimos la definición conceptual debido a que nos define nuestra variable independiente, como se obtiene, el periodo de obtención, nos indica sus potenciales aplicaciones como enmienda del suelo y por último la dosificación a emplear, aunque esta última tiene distintos factores y debido a ello se recomienda dosificar entre 1 a 10% del carbón hidrotermal en suelos. Es por estos propósitos que confiamos en la investigación citada.

2.2.2. Dosificación del carbón hidrotermal

La dosificación de carbonización hidrotermal en suelo se refiere a la cantidad óptima de carbón hidrotermal a aplicar en un suelo determinado para mejorar su calidad y propiedades físicas y químicas. La dosificación puede variar según las características del suelo y las necesidades específicas del cultivo o de la producción de biocombustibles. (Liu et al 2016).

2.2.3. Propiedades fisicoquímicas del suelo

Las propiedades físicas químicas del suelo se refieren a las características físicas y químicas del suelo, incluyendo su textura, estructura, porosidad, densidad aparente, capacidad de intercambio catiónico, pH, nutrientes y contenido de materia orgánica. La carbonización hidrotermal puede utilizarse para mejorar algunas de estas propiedades del suelo, ya que puede

producir un material de carbono estable que se puede agregar al suelo para mejorar su estructura y capacidad de retención de nutrientes. (Spokas et al 2012)

Las propiedades físico-químicas del suelo son aquellas características que describen la estructura, composición y funcionamiento de un suelo. Algunas de las propiedades físico-químicas más importantes incluyen la textura, la porosidad, la densidad aparente, la capacidad de retención de agua, la conductividad hidráulica, el pH, la conductividad eléctrica, el contenido de materia orgánica, entre otros. (Brady et al (2016)

Las propiedades fisicoquímicas del suelo son aquellas que describen las características físicas y químicas del suelo que influyen en su capacidad para soportar el crecimiento de las plantas y en su función en el ecosistema. (Brady et al 2010).

Entre las propiedades fisicoquímicas del suelo que se consideran importantes se incluyen la textura, la estructura, la porosidad, la densidad aparente, el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la capacidad de retención de agua, el contenido de materia orgánica, la conductividad eléctrica, entre otras. La FAO ha publicado una guía técnica titulada "Manejo de Suelos. Conceptos, Principios y Prácticas" que proporciona información detallada sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo y su importancia para la agricultura y la gestión del medio ambiente.

Las propiedades del suelo son las características físicas, químicas y biológicas del suelo que aumentan su capacidad para soportar el crecimiento de las plantas y la producción agrícola. Algunas de estas propiedades incluyen la textura, la estructura, la porosidad, la densidad aparente, la capacidad de retención de agua, el pH, la disponibilidad de nutrientes, la presencia de organismos del suelo y la actividad biológica. (Brady et al 2010)

La definición "Las propiedades fisicoquímicas del suelo", se eligió teniendo en cuenta la definición que menciona el proceso de carbonización hidrotermal y su efecto de mejora en las propiedades fisicoquímicas en el suelo. Relaciona nuestra variable dependiente y la variable independiente.

2.2.4. Propiedades físicas

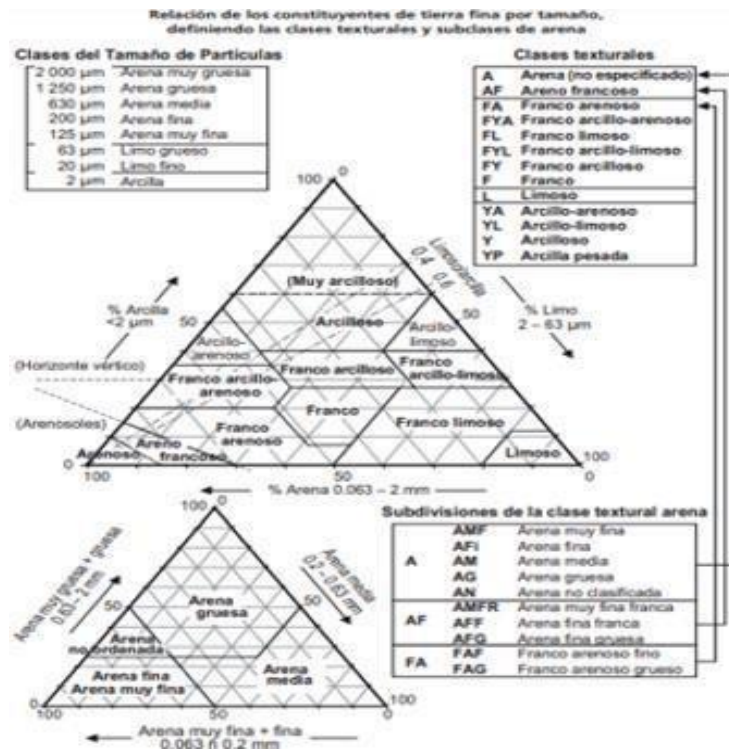
Las propiedades físicas del suelo se refieren a las características físicas del suelo, como su textura, estructura, porosidad, densidad aparente y permeabilidad. La carbonización hidrotermal puede mejorar algunas de estas propiedades físicas del suelo al producir un material de carbono poroso que se puede agregar al suelo para mejorar su estructura y porosidad. (Duan et al 2017)

- **Textura**

Hace referencia a la propiedad física derivada de la composición granulométrica, la cual está constituida por arena, limo y arcilla. (MINAM 2014). La FAO, (2009) la define como la proporción relativa de las clases de tamaño de partícula o fracciones en un volumen de suelo dado y que se suele describir como una clase textural de suelo, la relación entre las clases texturales básicas con los porcentajes de arcilla, limo y arena se indican en el triángulo de texturas mostrados en la Figura 3.

Figura 1

Triángulo de texturas del suelo



Nota: Extraído de *Guía para la descripción de suelos* por FAO, (2009).

En el estudio de (Villagra-Mendoza y Horn 2018) se evidenció que la aplicación de hidrocarbón aumentó la retención de agua en un suelo arenoso de textura gruesa en comparación con el suelo sin enmiendas. La distribución del tamaño de los poros se alteró significativamente en el sustrato arenoso, reduciendo la fracción de poros gruesos anchos y aumentando la meso porosidad.

- **Porosidad**

Hace referencia al volumen total de espacios porosos en el suelo. Están relacionados con el arreglo de los constituyentes primarios del suelo, como agrietamiento, desplazamiento y percolación (FAO 2009). En la Tabla 5 se presenta una clasificación de la porosidad.

Generalmente el suelo está formado por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Además, se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases circulan. Los macro poros no retienen agua y son responsables del drenaje, aireación, proporcionan el espacio donde se forman las raíces, mientras que los micro poros retienen agua que en parte está disponible para las plantas (FAO 2021).

Tabla 1

Clasificación de la porosidad del suelo

Categoría	%
Muy baja	<2
Baja	2-5
Media	5-15
Alta	15-40
Muy Alta	>40

Nota: Extraído de *Guía para la descripción de suelos* por FAO, (2009).

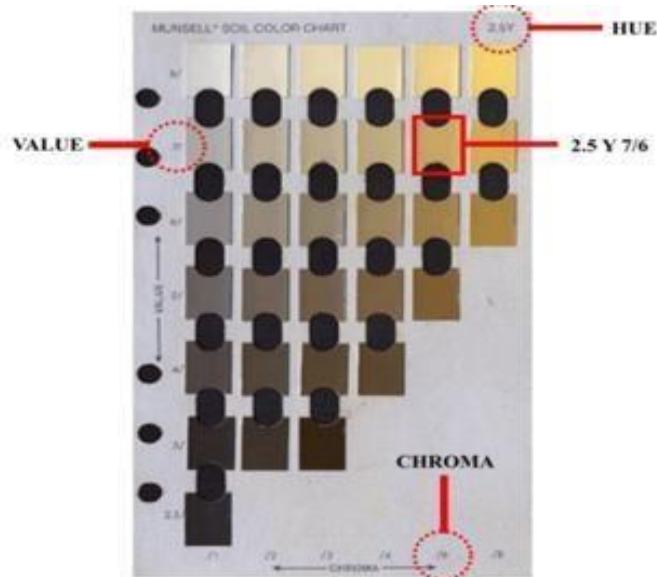
- **Color**

Refleja los diversos procesos edafogénicos y propiedades como la composición mineral del suelo, que tiene que ver mucho con el material parental (Rodríguez- Vargas et al. 2020). El color se puede obtener haciendo uso de la

tabla de colores Munsell, en la Figura 7 se muestra una parte de una carta de colores Munsell.

Figura 2

Partes de una carta de colores Munsell



Nota: Extraído de Guía para la descripción de suelos por (Rodríguez- Vargas et al. 2020) Se muestra cómo debe registrarse el color del suelo, considerando el hue, el value y el chroma

- **Humedad**

Es un parámetro vinculado a la presencia de microorganismos, debido a que el agua constituye un medio de transporte de nutrientes (FAO 2013). Es un parámetro vinculado a la presencia de microorganismos, debido a que el agua constituye un medio de transporte de nutrientes (FAO 2013). Influye en las propiedades físicas del suelo como la densidad aparente y la compactación de suelos, además se relaciona con el crecimiento de la vegetación en el suelo (Asto 2017).

2.2.5. Propiedades químicas

Las propiedades químicas del suelo se refieren a las características químicas del suelo, como su pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), contenido de nutrientes y contenido de materia orgánica. La carbonización hidrotermal puede afectar algunas de estas propiedades químicas del suelo al producir un material de carbono que puede cambiar el pH y mejorar la CIC del suelo. (Novak et al 2009)

Las propiedades químicas del suelo están referidas a las condiciones que el suelo presenta en cuanto a su capacidad amortiguadora, concentración de nutrientes para las plantas y microorganismos (Bautista et al. 2004). Entre estas propiedades se encuentran:

- Potencial de hidrógeno (pH);
- Conductividad eléctrica (CE)
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)
- Concentración de metales pesados
- Nitrógeno total
- Fósforo total
- Concentración de Ca^{+2} , Mg^{+2} y Na^{+2}

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Uso de biocarbón para enmienda de suelos

El biocarbón, también conocido como biochar, es un material orgánico sólido producido a partir de la pirólisis de materiales orgánicos, como residuos de cultivos, madera o estiércol. Se utiliza como enmienda de suelos para mejorar la calidad del suelo y su capacidad para retener nutrientes y agua.

La aplicación de biocarbón al suelo puede mejorar la calidad del suelo y aumentar su fertilidad. Los poros y la estructura interna del biocarbón permiten la retención de nutrientes, agua y microorganismos beneficiosos para el suelo, lo que mejora la calidad del suelo y aumenta la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua. Además, el biocarbón puede reducir la emisión de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano, y puede aumentar la retención de carbono en el suelo, lo que puede ayudar a combatir el cambio climático.

La aplicación de biocarbón en la agricultura puede mejorar la calidad y la producción de los cultivos, ya que el biocarbón puede aumentar la retención de agua y nutrientes, lo que permite una mejor absorción por parte de las raíces de las plantas. Además, el biocarbón puede reducir la acidez del suelo y

aumentar el pH del suelo, lo que puede mejorar la calidad del suelo para ciertos cultivos.

En resumen, el uso de biocarbón como enmienda de suelos puede mejorar la calidad del suelo, aumentar la retención de agua y nutrientes, reducir la emisión de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad y la producción de los cultivos. (Lehmann, J., & Joseph, S. 2009).

2.3.2. Tipos de biocarbón

- a) Biocarbón de madera: producido a partir de residuos de madera, como astillas, serrín y ramas, que se someten a un proceso de pirolisis.
- b) Biocarbón de cáscara de coco: producido a partir de la cáscara de coco que se somete a un proceso de pirolisis.
- c) Biocarbón de huesos: producido a partir de huesos de animales que se someten a un proceso de pirolisis.
- d) Biocarbón de residuos agrícolas: producido a partir de residuos agrícolas, como paja, cáscaras de arroz y maíz, que se someten a un proceso de pirolisis.
- e) Biocarbón de lodos de depuradora: producido a partir de lodos de depuradora que se someten a un proceso de pirolisis.
- f) Biocarbón de residuos orgánicos: producido a partir de residuos orgánicos, como restos de comida y residuos vegetales, que se someten a un proceso de pirolisis.

Cada tipo de biocarbón tiene características y aplicaciones específicas, por lo que su elección dependerá del uso que se le quiera dar.

2.3.3. Propiedades del biocarbón

- a) Alta capacidad de retención de agua: El biocarbón tiene una alta capacidad de retención de agua, lo que puede mejorar la disponibilidad de agua para las plantas. Según un estudio realizado por Liu et al. (2017), el biocarbón producido a partir de residuos de bambú tuvo una capacidad de retención de agua de hasta el 163%.
- b) Efecto positivo sobre la fertilidad del suelo: El biocarbón puede mejorar la fertilidad del suelo debido a su capacidad de retener nutrientes. Según

un estudio realizado por Novak et al. (2016), el biocarbón producido a partir de residuos de madera tuvo un efecto positivo sobre la fertilidad del suelo, aumentando los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio.

- c)** Alta capacidad de adsorción de contaminantes: El biocarbón tiene una alta capacidad de adsorción de contaminantes, lo que lo hace útil en aplicaciones de remediación ambiental. Según un estudio realizado por Saleh et al. (2021), el biocarbón producido a partir de residuos de madera tuvo una alta capacidad de adsorción de metales pesados como el plomo y el cadmio.
- d)** Bajo contenido de ceniza y azufre: El biocarbón tiene un bajo contenido de ceniza y azufre en comparación con el carbón mineral, lo que lo hace más limpio y sostenible. Según un estudio realizado por Chen et al. (2018), el biocarbón producido a partir de residuos de madera tuvo un contenido de ceniza y azufre significativamente más bajo que el carbón mineral.
- e)** Selección y preparación de la materia prima: Se debe seleccionar la materia prima adecuada para la producción de biocarbón, la cual puede ser residuos agrícolas, residuos forestales, residuos de madera, residuos alimentarios, entre otros. La materia prima debe ser triturada y secada para reducir su contenido de humedad.
- f)** Pirolisis: La pirolisis es el proceso mediante el cual se produce biocarbón a partir de la materia prima. Durante la pirolisis, la materia prima se somete a altas temperaturas en ausencia de oxígeno, lo que produce una descomposición térmica de la materia orgánica y la formación de biocarbón. Dependiendo del tipo de pirolisis, se puede producir biocarbón de baja, media o alta temperatura.
- g)** Enfriamiento y recolección: Después de la pirolisis, el biocarbón se enfría y se recolecta. Es importante asegurarse de que el biocarbón esté completamente enfriado antes de manipularlo o almacenarlo.
- h)** Activación (opcional): En algunos casos, se puede llevar a cabo un proceso de activación para mejorar las propiedades del biocarbón, como su capacidad de adsorción. Durante la activación, se trata el biocarbón

con agentes químicos, como ácido fosfórico o dióxido de carbono, para crear poros en su estructura y aumentar su área superficial.

2.3.4. Granulometría de enmienda de suelos agrícolas

La granulometría se refiere al tamaño de las partículas presentes en un suelo. La distribución de tamaño de partículas en el suelo afecta la capacidad del suelo para retener agua, aire y nutrientes, y, por lo tanto, la capacidad del suelo para sustentar la vida vegetal. Una enmienda de suelo basada en la granulometría se refiere a la adición de materiales con diferentes tamaños de partículas al suelo para mejorar su estructura y fertilidad.

La selección de la enmienda de suelo adecuada depende de las características del suelo y las necesidades del cultivo. La adición de materiales granulares en el suelo puede ser beneficiosa para mejorar la estructura del suelo y la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua. La adición de materia orgánica en el suelo puede ser beneficiosa para mejorar la fertilidad del suelo y la actividad microbiana.

En conclusión, la granulometría es un aspecto importante en la salud del suelo y su fertilidad. La adición de enmiendas granulares y materia orgánica puede mejorar la estructura y la fertilidad del suelo, aumentando su capacidad para retener nutrientes, agua y aire y promoviendo la actividad microbiana. (Brady, N. C., & Weil, R. R. 2016).

2.3.5. Tipos de enmienda

Enmiendas gruesas: Estas enmiendas tienen un tamaño de partícula mayor a 2 mm y se utilizan para mejorar la estructura del suelo y aumentar la permeabilidad. Ejemplos de enmiendas gruesas incluyen la gravilla y el grano de maíz.

Enmiendas finas: Estas enmiendas tienen un tamaño de partícula menor a 2 mm y se utilizan para mejorar la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo. Ejemplos de enmiendas finas incluyen el compost, el estiércol y la turba.

Enmiendas granulares: Estas enmiendas tienen un tamaño de partícula entre 0.2 y 2 mm y se utilizan para mejorar la permeabilidad y la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo. Ejemplos de enmiendas granulares incluyen el vermiculita y la perlita.

Enmiendas micropulverizadas: Estas enmiendas tienen un tamaño de partícula menor a 0.2 mm y se utilizan para mejorar la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo. Ejemplos de enmiendas micropulverizadas incluyen la harina de roca y el polvo de hueso.

PROPIEDADES:

Estructura del suelo: La granulometría puede afectar la estructura del suelo y su capacidad para retener agua y nutrientes. Las enmiendas finas pueden mejorar la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo, mientras que las enmiendas gruesas pueden mejorar la permeabilidad y la aireación.

Porosidad del suelo: La granulometría puede influir en la cantidad y el tamaño de los poros del suelo, lo que a su vez puede afectar la retención de agua y nutrientes. Las enmiendas finas pueden aumentar la cantidad de poros pequeños en el suelo, mientras que las enmiendas gruesas pueden aumentar la cantidad de poros grandes.

pH del suelo: Algunas enmiendas pueden tener un efecto sobre el pH del suelo, lo que a su vez puede afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por ejemplo, algunas enmiendas alcalinas pueden aumentar el pH del suelo, mientras que otras enmiendas ácidas pueden disminuirlo.

Microorganismos del suelo: La granulometría puede influir en la cantidad y el tipo de microorganismos presentes en el suelo, lo que a su vez puede afectar la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

PROCESOS DE ENMIENDA

Selección de la enmienda: El primer paso es seleccionar la enmienda adecuada en función de las necesidades del suelo y las plantas que se van a cultivar. Las enmiendas pueden ser finas, granulares o gruesas, según el tamaño de partícula.

Clasificación: El siguiente paso es clasificar las enmiendas en función de su tamaño de partícula. Esto se puede hacer utilizando diferentes métodos, como tamices, cribas, separadores magnéticos y separadores por densidad.

Mezcla: Una vez clasificadas las enmiendas, se pueden mezclar para obtener la granulometría deseada. La mezcla adecuada dependerá de las necesidades específicas del suelo y las plantas que se van a cultivar.

Aplicación: La enmienda granulada se puede aplicar al suelo mediante diferentes métodos, como la incorporación mecánica con maquinaria agrícola, la aplicación superficial con esparcidores manuales o mecánicos, o la aplicación líquida con sistemas de riego.

Es importante tener en cuenta que el proceso de granulometría en la enmienda de suelos debe adaptarse a las características específicas del suelo y las necesidades de las plantas que se deseen cultivar. Además, es importante aplicar las enmiendas en las cantidades adecuadas para evitar efectos negativos en la calidad del suelo y la salud de las plantas.

2.3.6. Enmienda orgánica de suelos

Los suelos áridos tienen una baja retención de humedad y nutrientes, lo que dificulta el crecimiento de plantas y cultivos. La enmienda orgánica puede mejorar la fertilidad y la capacidad del suelo para retener agua, lo que es especialmente importante en suelos áridos. La enmienda orgánica se refiere a la adición de materia orgánica al suelo, como el compost, el estiércol, la turba y la hojarasca. La materia orgánica aumenta la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, mejora la actividad microbiana y aumenta la fertilidad del suelo.

La adición de materia orgánica puede mejorar la retención de agua del suelo. La materia orgánica actúa como una esponja, absorbiendo y reteniendo el agua en el suelo. Además, la materia orgánica puede mejorar la permeabilidad del suelo, permitiendo que el agua penetre más fácilmente en el suelo.

La enmienda orgánica puede ser especialmente beneficiosa en suelos áridos, donde la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes es limitada. La adición de materia orgánica puede mejorar la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, lo que permite un mejor crecimiento de plantas y cultivos.

En conclusión, la enmienda orgánica es una forma efectiva de mejorar la calidad y la fertilidad del suelo en suelos áridos. La adición de materia orgánica al suelo puede mejorar la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, aumentar la actividad microbiana y mejorar la fertilidad del suelo. (Lehmann, J., & Joseph, S. 2009)

2.3.6.1. Tipos de enmienda orgánica del suelo

Compost: El compost es un material orgánico que se obtiene a partir de la descomposición controlada de residuos orgánicos, como restos de vegetales, estiércol y materiales de jardinería. El compost es rico en nutrientes y puede mejorar la estructura del suelo y la retención de agua.

Abonos verdes: Los abonos verdes son cultivos que se siembran y luego se incorporan al suelo para mejorar su calidad. Estos cultivos pueden ser leguminosas, como la alfalfa, el trébol y la soja, o gramíneas, como el centeno, la avena y la cebada. Los abonos verdes pueden fijar nitrógeno atmosférico y mejorar la estructura del suelo.

Estiércol: El estiércol es un material orgánico que se obtiene de los animales, como las vacas, los cerdos y las aves. El estiércol es rico en nutrientes y puede mejorar la fertilidad del suelo y la estructura del suelo.

Residuos de cultivos: Los residuos de cultivos, como las hojas, tallos y raíces de las plantas, pueden ser utilizados como enmiendas orgánicas. Estos

residuos pueden ser triturados y luego incorporados al suelo para mejorar la estructura del suelo y la retención de agua.

Biochar: El biochar es un material orgánico que se produce mediante la pirolisis de residuos agrícolas, forestales y de jardinería. El biochar puede mejorar la fertilidad del suelo, la retención de agua y la capacidad de intercambio catiónico.

2.3.6.2. *Procesos de enmienda de suelos agrícola*

Compostaje: El compostaje es un proceso natural de descomposición de residuos orgánicos en presencia de oxígeno. Durante el proceso de compostaje, los microorganismos descomponen los residuos orgánicos, convirtiéndolos en compost. El compost es un material rico en nutrientes y puede ser utilizado como enmienda orgánica para mejorar la estructura del suelo y la retención de agua.

Vermicompostaje: El vermicompostaje es un proceso de compostaje que utiliza lombrices para descomponer los residuos orgánicos. Las lombrices procesan los residuos orgánicos, produciendo un material rico en nutrientes y microorganismos beneficiosos para el suelo. El vermicompostaje es una forma efectiva de producir compost de alta calidad para su uso como enmienda orgánica.

Fitorremediación: La fitorremediación es un proceso que utiliza plantas para remover contaminantes del suelo. Las plantas pueden absorber los contaminantes del suelo a través de sus raíces, y luego almacenarlos en sus tejidos. Después de la cosecha, los residuos vegetales pueden ser utilizados como enmienda orgánica para mejorar la calidad del suelo.

Incorporación de cultivos de cobertura: Los cultivos de cobertura son cultivos que se siembran para cubrir el suelo y mejorar su calidad. Estos cultivos pueden ser leguminosas, como la alfalfa y el trébol, o gramíneas, como el centeno y la avena. Después de la cosecha, los residuos vegetales pueden ser incorporados al suelo como enmienda orgánica.

Aplicación de estiércol: El estiércol es un material orgánico que se obtiene de los animales, como las vacas, los cerdos y las aves. El estiércol puede ser aplicado directamente al suelo como enmienda orgánica para mejorar la fertilidad del suelo y la estructura del suelo.

2.3.7. Normativas

2.3.7.1. Normativas nacionales

DECRETO SUPREMO N° 008-2016-MINAM	Aprueban Estrategia Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía 2016 -2030
DS 011-2017-MINAM	Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo como referente obligatorio Los ECA para Suelo constituyen un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios.
DECRETO LEGISLATIVO N° 1278	Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos
DS 014-2017-MINAM	Reglamento de la Ley de Gestión integral de Residuos Sólidos

Nota: Adaptado de MINAM

2.3.7.2. Normativas internacionales

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA	Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales
CONVENIO DE ESTOCOLMO SOBRE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES (COP)	Este tratado internacional, ratificado por más de 180 países, busca proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos de los COP. Entre las medidas que se promueven en el convenio está la remediación de sitios contaminados con estos contaminantes.
CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN (UNCCD)	Esta convención busca combatir la desertificación y la degradación de lastierras. Entre las medidas que se promueven en la convención está la restauración de tierras degradadas y la remediación de suelos contaminados.

DIRECTIVA MARCO SOBRE AGUAS (DMA) DE LA UNIÓN EUROPEA

Esta directiva establece un marco para la protección de las aguas superficiales y subterráneas en la Unión Europea. Entre las medidas que se promueven en la DMA está la prevención y la eliminación de la contaminación del agua y del suelo.

Nota: Adaptado de MINAM

2.4. Definición de términos básicos

Calidad de suelos

“La calidad del suelo es definida como la capacidad del suelo de funcionar dentro de los límites del ecosistema a sostener una productividad biológica, mantener la calidad del medio ambiente y promover la salud de las plantas y animales” (He, Yang y Baligar 2003).

Dosis de carbón hidrotermal

“El indicador de dosificación de carbonización hidrotermal es una medida de la cantidad de carbono hidrotermal producido en relación con la cantidad de material de alimentación utilizado en un proceso de carbonización hidrotermal. Este indicador se utiliza para evaluar la eficiencia de la producción de carbono hidrotermal y la calidad del suelo mejorado con él”. (Yuan et al 2017)

Textura del suelo

“La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de partículas de diferentes tamaños en el suelo, incluyendo arena, limo y arcilla. Estas proporciones pueden afectar la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, así como la permeabilidad y la estructura del suelo”.(Brady et al 2008)

Humedad del suelo (%)

“La humedad del suelo se refiere a la cantidad de agua presente en el suelo en relación con la capacidad máxima de retención de agua del suelo. La

humedad del suelo es un factor importante en el crecimiento de las plantas y en la productividad agrícola”. (Vereecken et al 2008)

Porosidad

“La porosidad del suelo se refiere a la proporción de espacios vacíos en un volumen de suelo, expresada como porcentaje del volumen total” (Brady, NC y Weil, RR (2002)

pH del suelo

“El pH del suelo se refiere a la medida de la acidez o alcalinidad del suelo. El pH influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y en la actividad microbiana en el suelo. Un pH óptimo para la mayoría de los cultivos está entre 6 y 7,5”. (Brady, NC y Weil, RR (2002)

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

“La capacidad de intercambio catiónico se refiere a la capacidad del suelo para retener cationes intercambiables. La CIC influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y en la capacidad del suelo para retener nutrientes. La CIC también es un indicador de la fertilidad del suelo”. (Brady, NC y Weil, RR (2002)

Materia Orgánica (%)

“La materia orgánica se refiere a la cantidad de material orgánico en el suelo, como restos de plantas y animales en recolección. La materia orgánica influye en la capacidad del suelo para retener nutrientes, la capacidad de retener agua y en la actividad microbiana del suelo. La materia orgánica también es importante para la salud del suelo y la sostenibilidad del ecosistema”. (Brady, NC y Weil, RR (2002)

Concentración de N, P y K (%)

Nitrógeno en suelos: El nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, y es uno de los macronutrientes más importantes en los suelos. La mayoría de las plantas toman nitrógeno del suelo en forma de nitrato (NO₃⁻) o amonio (NH₄⁺), aunque también pueden absorber nitrógeno

en forma orgánica a través de la concentración de materia orgánica en el suelo. La disponibilidad de nitrógeno en el suelo puede afectar la producción de cultivos y la calidad de los mismos.

Fósforo en suelos: El fósforo es otro macronutriente esencial para el crecimiento de las plantas. El fósforo se encuentra en los suelos en forma de fosfatos, que son absorbidos por las raíces de las plantas. La disponibilidad de fósforo en el suelo puede ser limitante para el crecimiento de las plantas, y la adición de fertilizantes fosfatados es una práctica común para aumentar la producción de cultivos.

Potasio en suelos: El potasio es un macronutriente esencial para el crecimiento de las plantas y juega un papel importante en la regulación del equilibrio hídrico de las células vegetales. El potasio se encuentra en los suelos en forma de iones K^+ , y es absorbido por las raíces de las plantas. La disponibilidad de potasio en el suelo puede afectar el crecimiento y la calidad de los cultivos. (Brady, NC y Weil, RR 2010)

Concentración de Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+2} (meq/100g)

“Los cationes intercambiables son los iones positivos que se adhieren a las partículas del suelo y pueden ser intercambiados con las raíces de las plantas. Los cationes intercambiables incluyen calcio, magnesio, potasio y sodio. La cantidad y el tipo de cationes intercambiables influyen en la capacidad del suelo para retener nutrientes y en la disponibilidad de nutrientes para las plantas”. (Brady, NC y Weil, RR 2002)

Acondicionador de suelo

Los acondicionadores de suelo son ampliamente utilizados para mejorar las características físicas y químicas de los suelos (Maiti y Ahirwal 2019).

Biomasa

La biomasa es el término empleado para referirse al combustible derivado de vegetales como residuos de madera, cultivos, así como excremento de animales (Edomah 2018).

Desertificación

Es la degradación de los suelos en zonas con climas áridos, semiáridos causado por la falta de agua y ausencia de nutrientes en el suelo. Esto es principalmente generado por actividades humanas y alteraciones en los factores climáticos (Granados-Sánchez et al. 2013).

Tratamiento

Cualquier proceso, método o técnica que modifica las características físicas, químicas o biológicas del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente, con el fin de prepararlo para su posterior valorización o disposición final (MINAM 2016).

Enmienda orgánica

Son los residuos de las diversas actividades de producción. El uso de estas enmiendas orgánicas es indispensable para sistemas de tipo producción orgánica. Es decir que la principal característica de una enmienda es el aporte de la materia orgánica al suelo con el objetivo de mejorar su fertilidad (Castillo Vilca 2018).

Pirólisis.

El pirólisis es un proceso conocido desde hace más de un siglo, cuyo nombre deriva de las palabras griegas "piro", que significa fuego, y "lisis", que significa descomposición o rotura en partes. Así el pirólisis es un proceso termoquímico que consiste en la descomposición de la materia orgánica por temperatura - entre 350 y 700 ° C (Gamboa, 2021).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

- El carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia tiene un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en parques del distrito de Carabaylo - Sector 2, Lima-2023.

3.1.2. Hipótesis Específicas

- Las propiedades fisicoquímicas impactan significativamente en los suelos de los parques del distrito de Carabaylo.
- El efecto de la dosificación de carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia influye en las propiedades físico-químicas del suelo.
- La efectividad de la dosificación del carbón hidrotermal en las propiedades físico-químicas contribuyen en la mejora de los suelos.

3.1.1. Operacionalización de las variables

Tabla 2

Tabla de Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO	TÉCNICA
Independiente: Carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR	<p>El carbón hidrotermal, también conocido como hidrocarbón, es un material carbonoso producido por la carbonización hidrotermal (HTC) de materia orgánica bajo condiciones acuosas, de alta presión y alta temperatura. HTC es un proceso termoquímico que imita el proceso natural de formación del carbón, pero en una escala de tiempo más corta, que suele tardar entre unas horas y unos días en completarse.</p> <p>Hidrocarbón tiene varias aplicaciones potenciales, incluso como enmienda del suelo para mejorar la fertilidad del suelo y el secuestro de carbono. Los estudios han demostrado que la aplicación de hidrocarbón puede aumentar el contenido de carbono orgánico del suelo, mejorar la actividad microbiana del suelo, mejorar la retención de nutrientes y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del suelo.</p> <p>La dosis de hidrocarbón para la aplicación al suelo depende de varios factores, como el tipo de suelo, el tipo de cultivo y el resultado deseado. Generalmente, la dosis recomendada está en el rango de 1-10% por peso (Kookana, RS et al 2011).</p>	El efecto del carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR en suelos se medirá en función de diferentes dosis con sus fórmulas respectivas (% dosis de carbón hidrotermal /suelo) utilizando ensayos de laboratorio).	Dosificación de carbón hidrotermal	<p>Dosis de carbón hidrotermal /suelo:2,5%</p> <p>Dosis de carbón hidrotermal /suelo:5%</p> <p>Dosis de carbón hidrotermal /suelo: 7.5%</p>		Análisis de Laboratorio
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES		TÉCNICA
Dependiente: Propiedades fisicoquímicas	Las propiedades fisicoquímicas del suelo se refieren a las características físicas y químicas del suelo, incluyendo su textura, estructura, porosidad, densidad aparente, capacidad de intercambio catiónico, pH, nutrientes y contenido de materia orgánica. La carbonización hidrotermal puede utilizarse para mejorar algunas de estas propiedades del suelo, ya que puede producir un material de carbono estable que se puede agregar al suelo para mejorar su estructura y capacidad de retención de nutrientes. (Spokas, KA et al 2012).	Las propiedades fisicoquímicas se medirán en función de las características correspondientes, utilizando ficha de observación y ensayos de laboratorio.	Propiedades Físicas	<p>Humedad del suelo %</p> <p>pH del suelo</p> <p>Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) meq/100g</p> <p>Conductividad Eléctrica (CE)</p>	Hipotético - Deductivo	Ficha de resultados analíticos
			Propiedades Químicas	<p>Materia Orgánica %</p> <p>Concentración de N, P y K %</p>		

IV. METODOLOGÍA

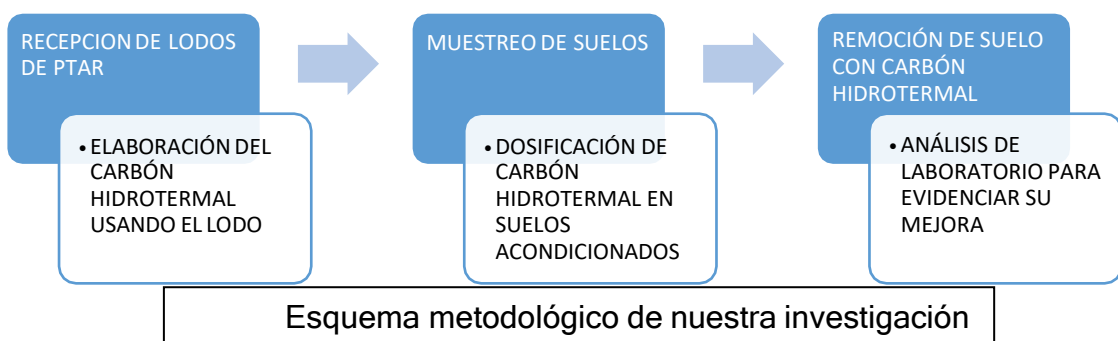
4.1. Diseño metodológico

La presente investigación es de tipo aplicada de un enfoque cuantitativo, de un nivel explicativo porque esta investigación busca generar un nuevo conocimiento a partir de otras investigaciones de tipo básico (Hernández et al. (2014).

En el estudio se realiza un diseño experimental donde se busca manipular las variables independientes, como es el carbón hidrotermal derivado de un lodo de un PTAR mediante una dosificación para determinar el cambio en propiedades fisicoquímicas de los suelos de los parques del distrito de Carabayllo como variable dependiente y tener un resultado (Hernandez et al. (2014). El diseño experimental es completamente al azar (DCA) en el cual debido a la distribución de los datos se va a determinar la varianza que existe en la variable respuesta por cada bloque por las dosificaciones de carbón hidrotermal (Hernandez et al. (2014)

Figura 3

Esquema metodológico de trabajo



4.2. Método de investigación

El método a desarrollar de la presente investigación es de carácter hipotético deductivo, debido que a partir de una hipótesis inicial planteada logra generar una deducción original con la finalidad de dar una respuesta al estudio (Hernández Sampieri, Mendoza Torres 2018)

Los pasos realizados para el desarrollo de la presente investigación se describen en los siguientes apartados.

Fase 1: Caracterización inicial del suelo del parque

Para la caracterización inicial del suelo de (zona de estudio), se tomó en cuenta la Guía para el muestreo de suelo del MINAM (2014).

Se realizó un muestreo de identificación y se procedió a determinar el número de muestras simples de acuerdo con la metodología establecida. Se aplicó un muestreo aleatorio estratificado en recomendación de la Guía de Muestreo de suelos. Posterior a esto, se procedió a mezclar todas las muestras simples para obtener una muestra compuesta, la cual será analizada en el laboratorio Slab.

Los parámetros que se analizaron para determinar la calidad del suelo se muestran en la Tabla 3 por cada zona.

Tabla 3

Características iniciales del suelo áridos de Carabayllo

Parámetro	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Unidad
Humedad	2.69	2.38	2.15	2.55	%
pH	9.3	10.1	10.3	9.8	-
Capacidad de Intercambio Catiónico	5.11	5.23	4.95	5.05	meq/100g
Conductividad Eléctrica	27.4	27.5	25.1	21.3	dS/cm
Materia orgánica	20.01	20.13	19.21	22.05	%
Concentración de N	0.23	0.21	0.19	0.21	%
Concentración de P	1.86	1.69	1.4	1.86	%
Concentración de K	4.84	4.93	4.71	4.81	%

Carbonatos (CaCO ₃)	11.34	10.06	11.95	10.03	%
------------------------------------	-------	-------	-------	-------	---

Fase 2: Características de los lodos residuales de PTAR aerobia

Las muestras de biomasa que se usaron para producir el carbón hidrotermal son los lodos residuales de una PTAR de tratamiento aerobio. De forma resumida se realizó lo siguiente:

- Acondicionamiento del lodo residual: se puso a secar por 48 horas.
- Se acondicionó el reactor pirolítico para la producción de carbón hidrotermal.
- Durante el proceso de pirólisis se controló la temperatura y presión.
- La pirólisis de los lodos residuales se realizó en 2 horas a una temperatura promedio de 230 °C.
- Posterior a ello se dejó enfriar el horno por un tiempo de 6 horas y se retiró los residuos para su pesado y la determinación del rendimiento del carbón hidrotermal.
- El carbón hidrotermal se retiró del reactor y fue extendido en una base con el fin de que continúe perdiendo humedad.
- Se realizó la molienda y se pesará por un tamiz. Posteriormente se realizó la conservación y etiquetado de las muestras.

Figura 4

Reactor pirolítico



Nota: Equipo del proceso termoquímico de la pirólisis

Fase 3: Acondicionamiento del suelo

La muestra de suelo recolectada de los 17 parques del Sector 2 distrito de Carabayllo se clasificó de 4 estratos (A, B, C y D) los cuales se aplicó las siguientes dosificaciones de carbón hidrotermal (0%, 2.5 %, 5.0 % y 7.5 %) teniendo un total de 16 muestras de suelo. Periodo de 20 días.

Fase 4: Caracterización final del suelo con el carbón hidrotermal

Luego de a aplicar el carbón hidrotermal, se procedió a caracterizar los suelos tratados con las diferentes dosificaciones de carbón hidrotermal. Al igual que la caracterización inicial del suelo, el suelo tratado también se caracterizó en el laboratorio de Slab Perú.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La Cantidad de total del suelo de los 36 parques del distrito del Distrito de Carabayllo Sector 2, Lima.

4.3.2. Muestra

Para el tipo de muestreo será probabilístico estratificado que consiste en separar subconjuntos o elementos con características similares dentro del estudio (Mendoza, 2018). Se aplicó la siguiente ecuación para determinar la cantidad de muestras compuestas.

$$n = \frac{Z^2 \times P(1 - P)N}{E^2(N - 1) + Z^2 \times (1 - P)}$$
$$n = \frac{(1.96)^2 \times 0.5(1 - 0.5)36}{(0.05)^2(36 - 1) + (1.96)^2 \times (1 - 0.5)}$$

Donde:

N: Tamaño de la población de parques de Carabayllo

Z: 1.96 (Valor obtenido para una distribución normal con confianza al 95%)

P: 0.5 (Proporción esperada)

E: 0.05 (Límite aceptable de error muestral)

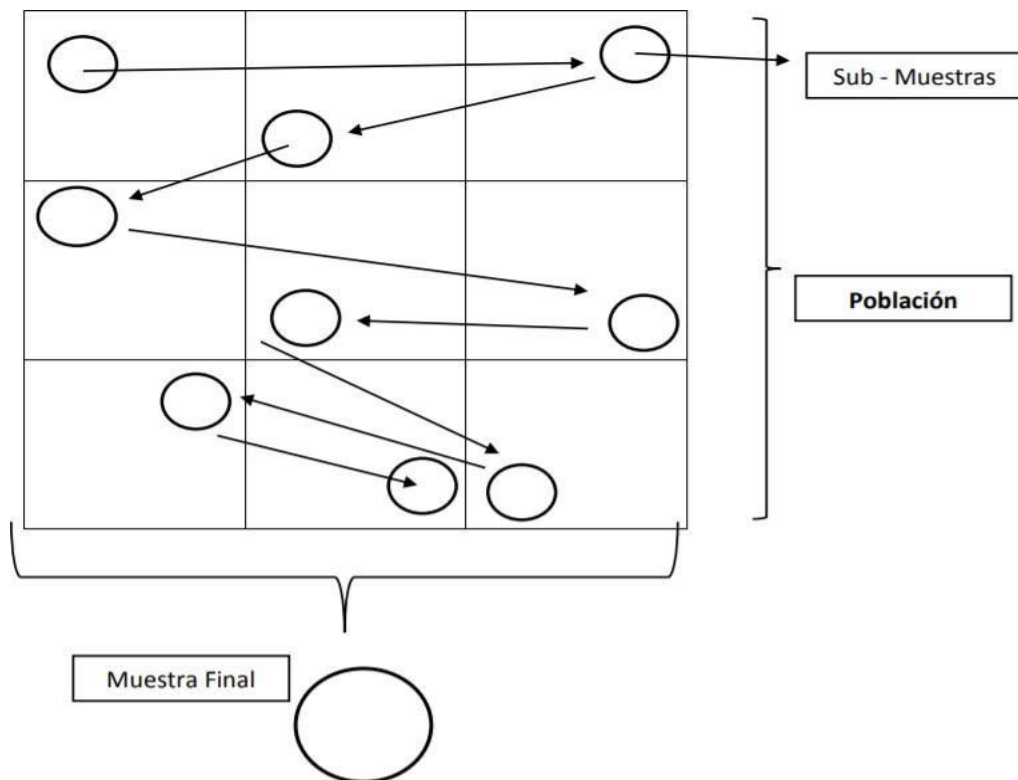
n: 17 (Muestra a seleccionar)

Dicha fórmula nos indica que la muestra de suelos de parques, los cuales se muestreo aleatoriamente. Nos basamos en la Guía de Muestreo de Suelos publicada por el Ministerio de Ambiente el año 2014 la cual brinda un mayor alcance para obtener una muestra representativa del suelo.

Se realizó un plan de muestreo de las 4 zonas del Sector 2 del distrito de Carabayllo, y se realizó un muestreo aleatorio simple, en el cual se tomaron 9 puntos al azar para cada parque seleccionado. Cada muestra de suelo recolectada se obtuvo a 10 cm de profundidad con ayuda de una pala de mano y fue conservada en una bolsa ziploc la cual fue enviada a laboratorio para su respectiva caracterización fisicoquímica y otorgar la misma posibilidad de ser elegidos a todos los elementos de cada parque. Finalmente se homogenizó todas las muestras simples de parques para obtener una muestra compuesta.

Figura 5

Esquema de muestreo por cada parque



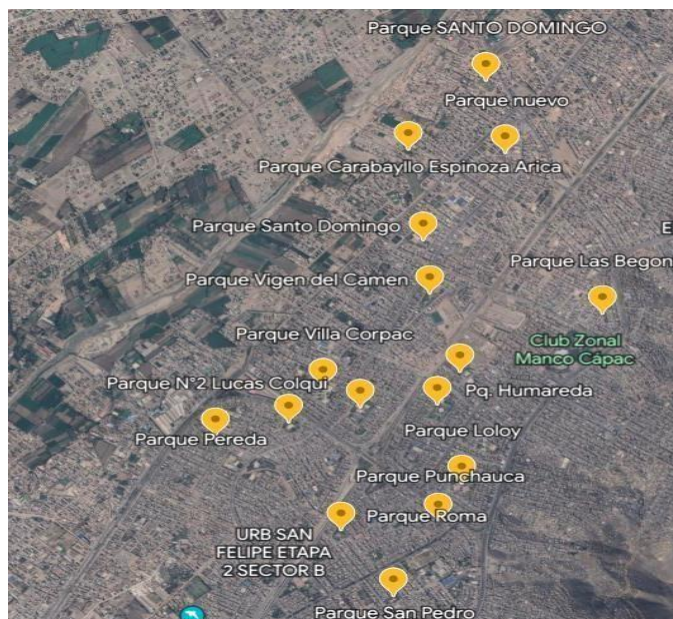
Nota: Aplicación de muestreo simple aleatorio para obtener una muestra compuesta

Listado de parques a muestrear:

1. Parque San Pedro Latitud: -11.903797, Longitud: -77.035224
2. Parque Punchauca Latitud: -11.898959, Longitud: -77.032933
3. Parque Roma Latitud: -11.899608, Longitud: -77.037950
4. Parque Loloy Latitud: -11.896960, Longitud: -77.031334
5. Parque Humareda Latitud: -11.891940, Longitud: -77.032833
6. Parque de Caudivilla Latitud: -11.888908, Longitud: -77.031750
7. Parque Virgen del Carmen Latitud: -11.884710, Longitud: -77.033456
8. Parque Las Begonias Latitud: -11.885756, Longitud: -77.024396
9. Parque Los Álamos Latitud: -11.881088, Longitud: -77.025251
10. Parque Santo Domingo Latitud: -11.881037, Longitud: -77.033548
11. Parque Carabayllo Espinoza Arica Latitud: -11.875281, Longitud: -77.034369
12. Parque Santo Domingo II Latitud: -11.884938, Longitud: -77.038604
13. Parque Nuevo Latitud: -11.875379, Longitud: -77.029406
14. Parque 1er Parque de Enace Latitud: -11.891460, Longitud: -77.036736
15. Parque Villa Corpac Latitud: -11.890456, Longitud: -77.038846
16. Parque Pereda Latitud: -11.892475, Longitud: -77.040477
17. Parque N°2 Lucas Colqui Latitud: -11.893357, Longitud: -77.044088

Figura 6

Mapa referencial de ubicación de parques de Carabayllo



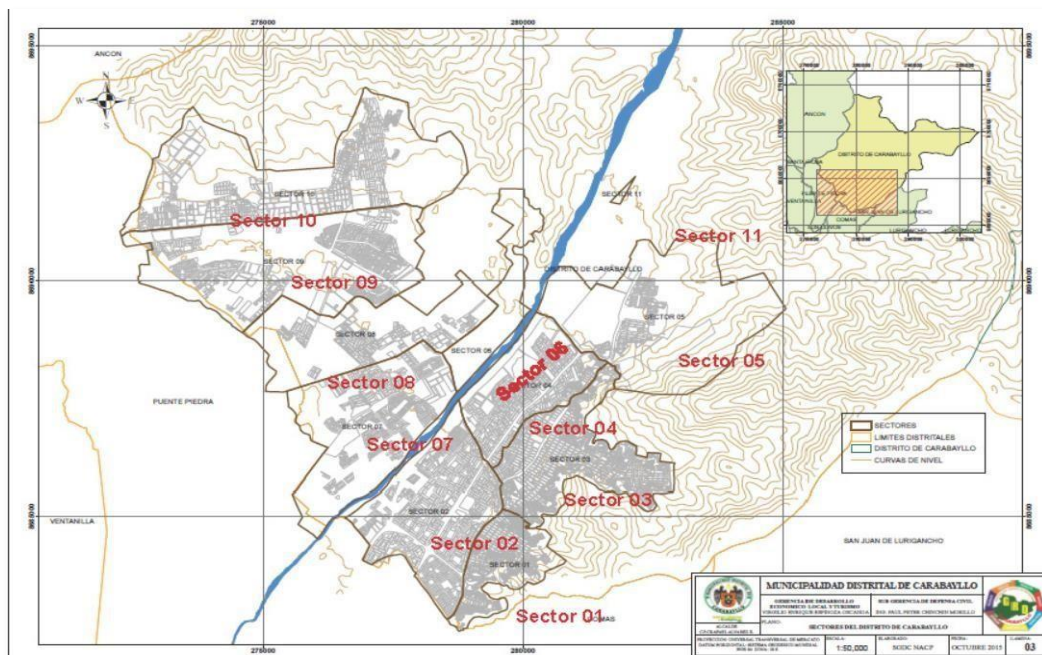
Nota: Google Earth 2023

4.4. Lugar de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el distrito de Carabayllo según sus coordenadas geográficas 11°51'00' latitud sur y 77°02'00" longitud oeste con una altitud entre 230 a 250 msnm. El distrito de Carabayllo tiene una extensión total de 346.88 Km² siendo el distrito más grande de Lima. Es considerado el mayor distrito con la cantidad de área verdes disponibles para sus habitantes para fines recreacionales. La agricultura es una de las actividades comerciales según el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) contribuyen con la producción de lechugas, apio, perejil, col, entre otros.

Figura 7

Mapa espacial de los sectores del Distrito de Carabayllo



Nota. Municipalidad distrital de Carabayllo.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1. Técnicas

En cuanto a las técnicas que se usó en la presente investigación se tiene a la observación experimental, el método documental y la técnica de analíticas de medición que fueron mandadas al laboratorio Slab Perú.

De acuerdo con Muñoz, (2015), se entiende a la observación experimental como el proceso sistemático cuyo objetivo es obtener información de un fenómeno que se presenta en la realidad pudiendo emplear diversos instrumentos.

4.5.2. Instrumentos

La técnica que se empleó en la presente tesis fue la observación experimental (Ñaupas et al., 2014), ya que la presente tesis es experimental cuantitativa en el cual se tuvo que tener la capacidad para manipular las variables en las diferentes dosificaciones del carbón hidrotermal en los suelos de los parques de Carabayllo.

Tabla 4

Cuadro de Técnicas e Instrumentos para la recolección de información

Etapas	Técnicas	Instrumentos
Muestreo de lodo PTAR aerobia	Experimentación	Registro de recolección de datos en campo y concentración de metales
Muestreo de suelos de parques	Experimentación	Registro de recolección de datos en campo
Análisis del carbón hidrotermal	Observación	Informes de ensayos de características físicas, químicas
Análisis del suelo con carbón hidrotermal	Observación	Informes de ensayos de características físicas, químicas

Tabla 5

Análisis metodológicos de laboratorio para suelos y carbón hidrotermal.

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO
Materia orgánica	%	Calcinación
Conductividad eléctrica (C.E.)	dS/cm	Potenciometría
pH	Unid. pH	Potenciometría
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	meq/100gr	Método del Acetato de Amonio
N	%	Método de Kjeldahl
P ₂ O ₅	%	Método de Olsen modificado
K ₂ O	%	Extracción de Acetato de Amonio
Humedad	%	Gravimetría-
Na	%	Espectrofotometría por Absorción Atómica

4.1. Análisis y procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos se usó software Microsoft Excel en su versión 2021, se crearon gráficos del efecto de las dosificaciones de carbón hidrotermal en cada zona. El análisis inferencial se realizará mediante el uso del software Design- Expert versión 13 para eso se calculó la varianza mediante la prueba estadística ANOVA con un nivel de significancia de 0.05 y la homogeneidad de las varianzas (Test de Levene), con la validación de la prueba de normalidad, el análisis modelo estadístico de cada indicador para obtener el análisis de regresión lineal y consiguiendo la ecuación representativa de los datos.

4.2. Aspectos éticos de la Investigación

El estilo de redacción que se ha usado en la presente investigación es el estilo APA en su versión 7, lo que ha permitido colocar citas con autoría por lo tanto se ha reconocido las fuentes o referencias. Toda cita o fuente utilizada en el presente trabajo de investigación se ha reconocido el autor, cumpliendo de esta manera con los aspectos éticos, el estilo de redacción APA ha generado que las citas, enunciados o apartados de autores sean reconocidos generando en su desarrollo ningún tipo de omisión en el reconocimiento.

En la presente investigación, se cumple con la estructura de investigación N°004-2022-R DIRECTIVA PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTO E INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN DE PREGRADO, POSGRADO, EQUIPOS, CENTROS E INSTITUTOS DE INVESTIGACIÓN. Asimismo, se da cumplimiento al código de ética de investigación de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por RDU N° 210-2017-CU.

En la parte del experimental de la investigación desde el inicio del muestreo de suelos hasta la caracterización final del suelo con carbón hidrotermal no se ha generado ningún impacto negativo que pueda alterar el medio natural del estudio. En cumplimiento a la norma ambiental Decreto Legislativo 1278, no se ha generado ningún tipo residuos en los parques de Carabayllo donde se realizó el recojo de muestras.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.2. Caracterización de las propiedades fisicoquímica del suelo

En la tabla 7 se presenta los parámetros fisicoquímicos obtenidos del muestreo de suelos de los parques de Carabayllo en las 4 zonas de estudio

Tabla 6

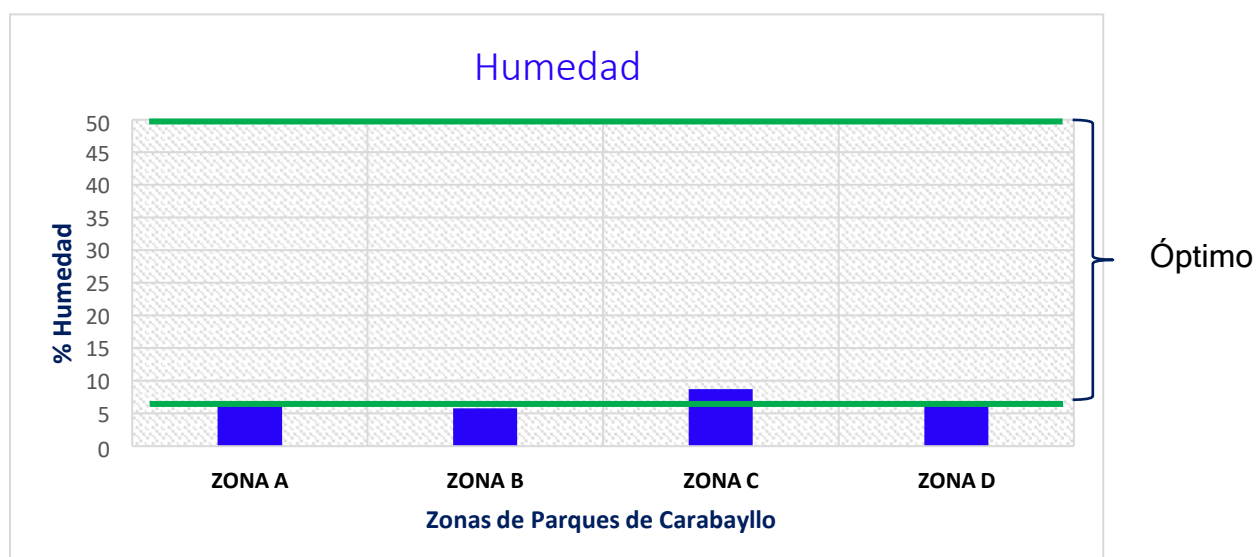
Resultados de la caracterización fisicoquímica del suelo de Carabayllo

	Humedad	CE	pH	CIC	N total	P	K	MO
ZONA A	6.9	3034	7.86	20.87	654.24	200.84	259.08	1.31
ZONA B	5.84	1833	7.89	19.96	554.14	29.7	220.62	1.11
ZONA C	8.78	2097	7.94	20	536.28	48.24	268.62	1.07
ZONA D	6.78	1011	8.01	17.79	603.07	38.95	257.64	1.21

En la figura 8 se presenta el porcentaje de humedad de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo, según los resultados obtenidos la humedad de los suelos se encuentra muy por debajo de la cantidad de humedad necesaria para el desarrollo de vegetación (10% a 50% de humedad).

Figura 8

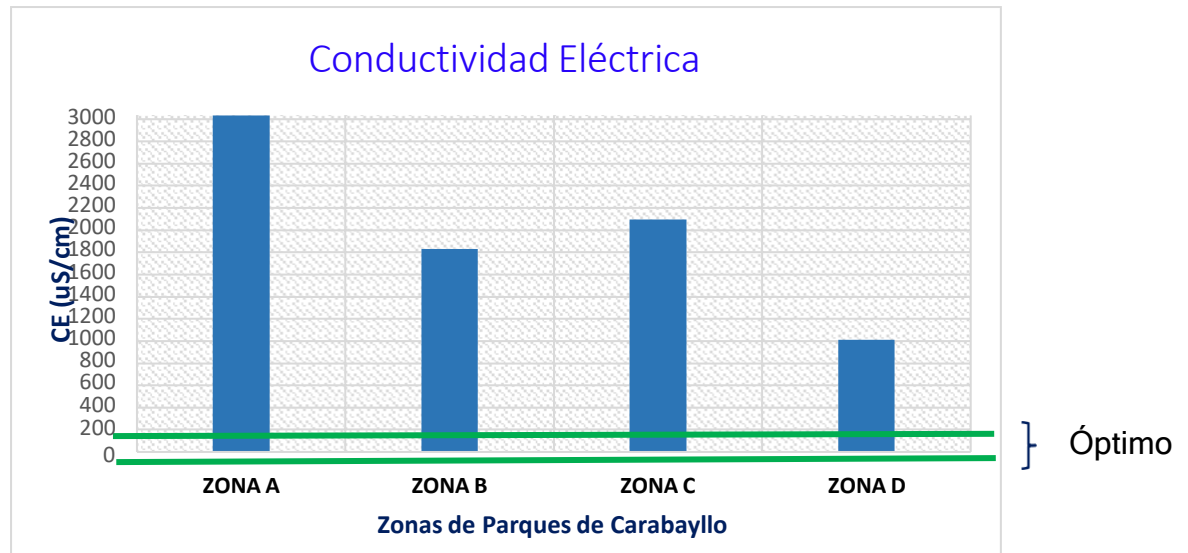
Gráfica de la humedad de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo



En la figura 9 se presenta la conductividad eléctrica en uS/cm de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo, según los resultados obtenidos la conductividad eléctrica de los suelos se encuentra por encima de la cantidad de conductividad óptima para el desarrollo de vegetación (0.8 uS/cm a 3% uS/cm).

Figura 9

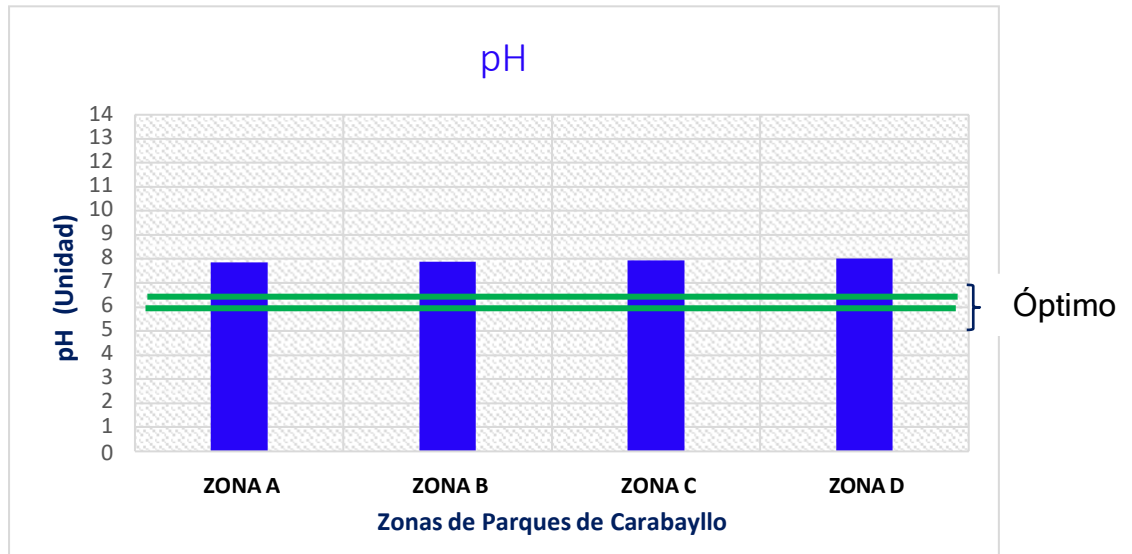
Gráfica de la conductividad Eléctrica de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo



En la figura 10 se presenta el pH de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo, según los resultados obtenidos el pH de los suelos se encuentra por encima de la cantidad de pH óptima de suelo (6.5 unid a 7 unid).

Figura 10

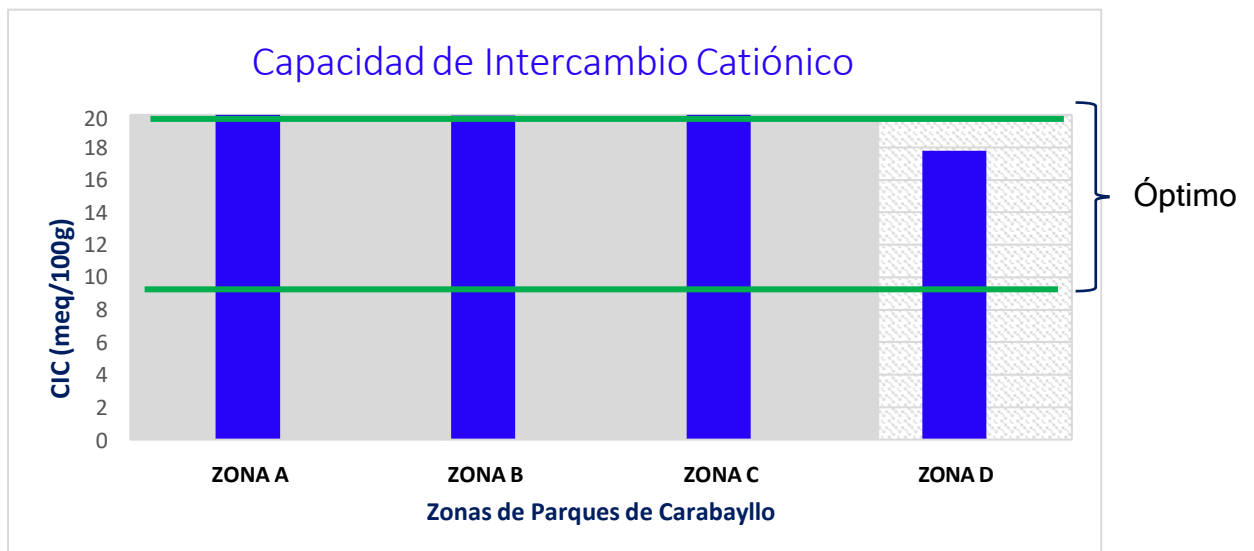
Gráfica del pH de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo



En la figura 11 se presenta la capacidad de intercambio catiónico de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo, según los resultados obtenidos la capacidad de intercambio catiónico de los suelos se encuentra por debajo de la capacidad de intercambio catiónico óptima en el suelo (10 meq/100g a 20 meq/100g).

Figura 11

Gráfica de la capacidad de intercambio catiónico de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo

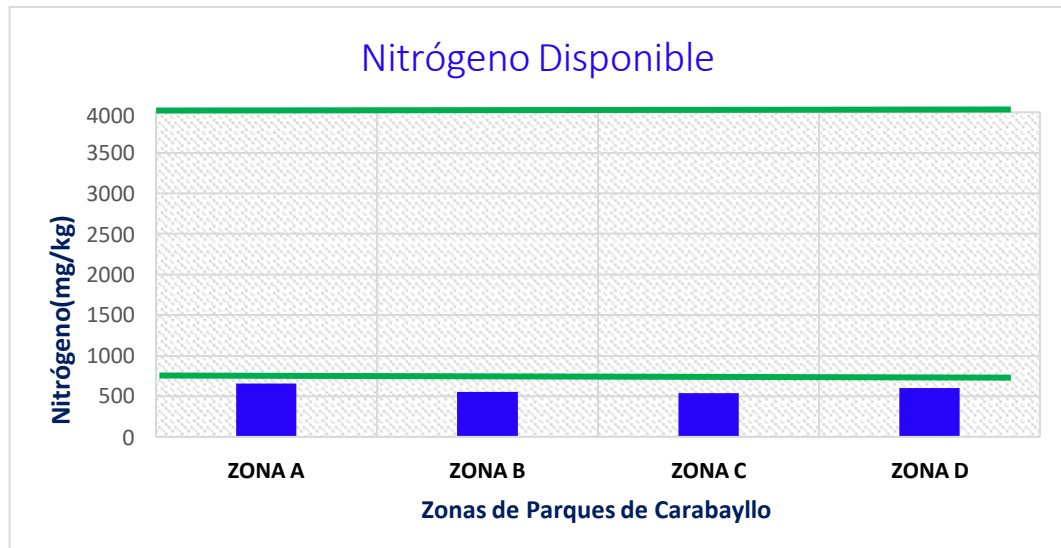


En la figura 12 se presenta el nitrógeno disponible de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo, según los resultados obtenidos el nitrógeno

disponible de los suelos se encuentra muy por debajo de la cantidad nitrógeno disponible óptima en el suelo (1000 mg/Kg a 4000 mg/Kg).

Figura 12

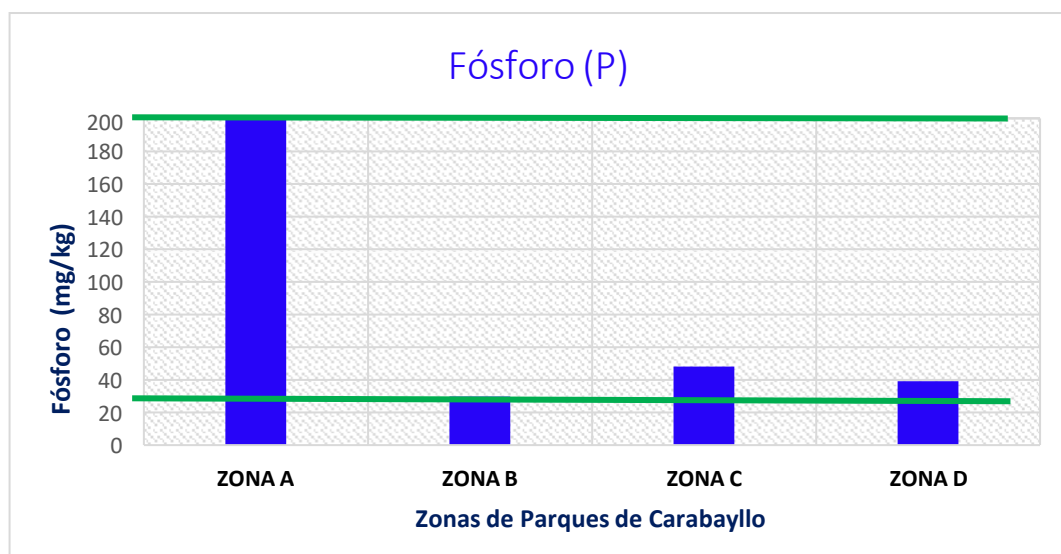
Gráfica del nitrógeno disponible de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo



En la figura 13 se presenta el fósforo disponible de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo, según los resultados obtenidos el fósforo disponible de los suelos se encuentra muy por debajo de la cantidad fósforo disponible óptima en el suelo (10 mg/Kg a 50 mg/Kg).

Figura 13

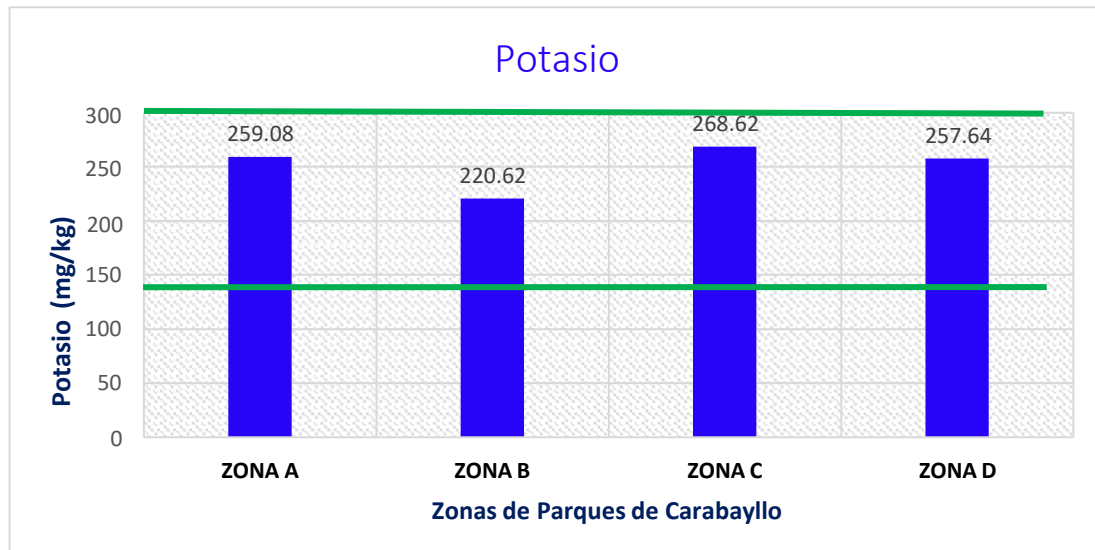
Gráfica del fósforo disponible de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo



En la figura 14 se presenta el potasio disponible de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo, según los resultados obtenidos el potasio disponible de los suelos se encuentra muy por debajo de la cantidad potasio disponible óptima en el suelo (150 mg/Kg a 300 mg/Kg).

Figura 14

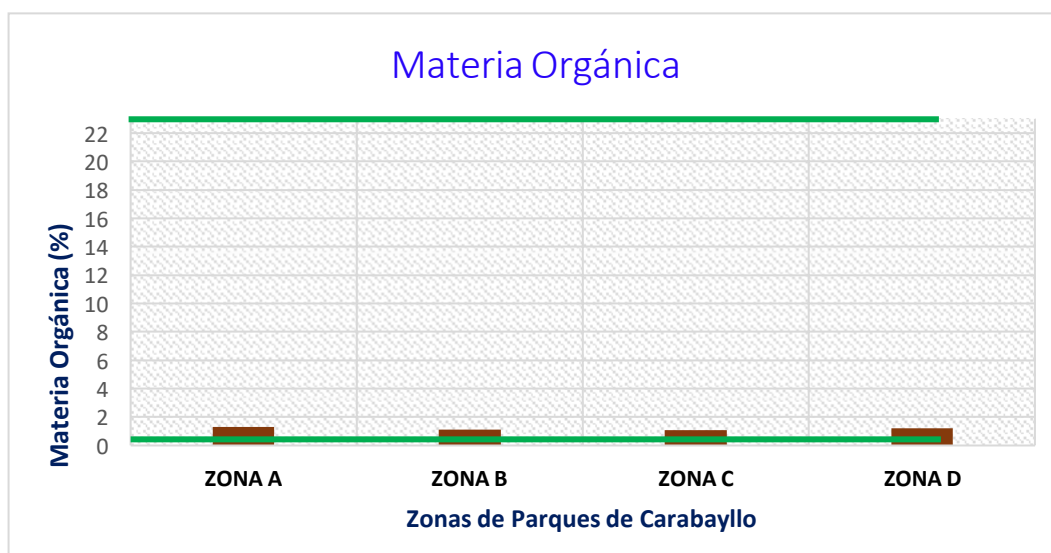
Gráfica del potasio disponible de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo



En la figura 15 se presenta el porcentaje de materia orgánica de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo, según los resultados obtenidos el porcentaje de materia orgánica de los suelos se encuentra dentro de rango óptimo en el suelo (1.81 % a más).

Figura 15

Gráfica del porcentaje de materia orgánica de los suelos en las cuatro zonas de Carabayllo



5.1.3. Efecto de la dosificación de carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia en las propiedades físico-químicas del suelo.

Se muestra los resultados del efecto en las propiedades fisicoquímicas del Sector 2 del suelo Carabayllo de las diferentes dosis de carbón hidrotermal del 0%, 2.5%, 5% y 7.5%.

Tabla 7

Resultados de la humedad relativa del suelo

Tratamiento de suelo	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D
Suelo sin carbón hidrotermal	6.9	5.84	8.78	6.78
Suelo con carbón hidrotermal 2.5%	3.43	2.55	2.5	2.24
Suelo con carbón hidrotermal 5.0%	2.84	2.55	2.65	2.31
Suelo con carbón hidrotermal 7.5%	3.47	2.56	2.57	2.45

Figura 16

Gráfica del efecto de la dosificación y variación de humedad

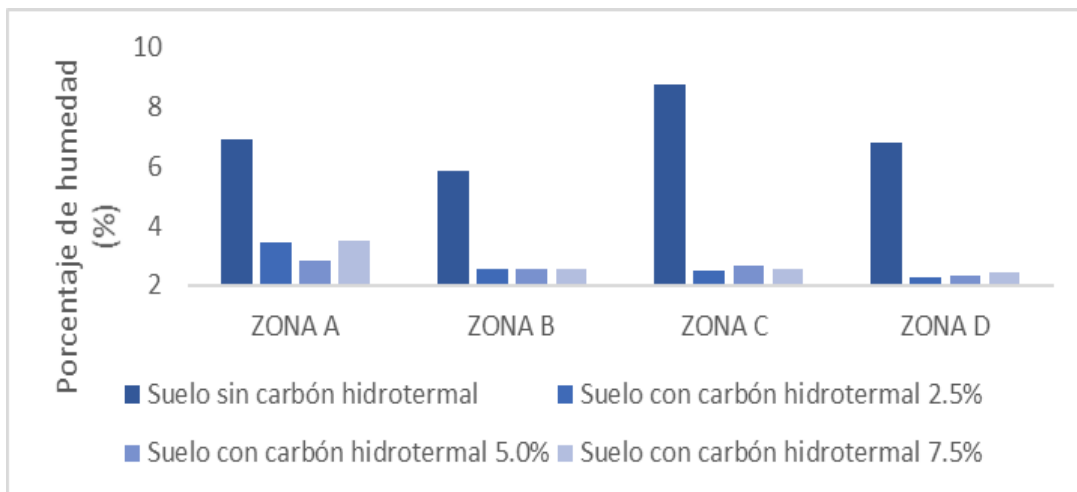


Tabla 8

Resultados de la conductividad eléctrica

Tratamiento de suelo	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D
Suelo sin carbón hidrotermal	3034	1833	2097	1011
Suelo con carbón hidrotermal 2.5%	3379	2338	2360	2082
Suelo con carbón hidrotermal 5.0%	3470	2499	2593	2147
Suelo con carbón hidrotermal 7.5%	3485	2896	2807	3033

Figura 17

Gráfica del efecto de la dosificación y la variación de la conductividad eléctrica

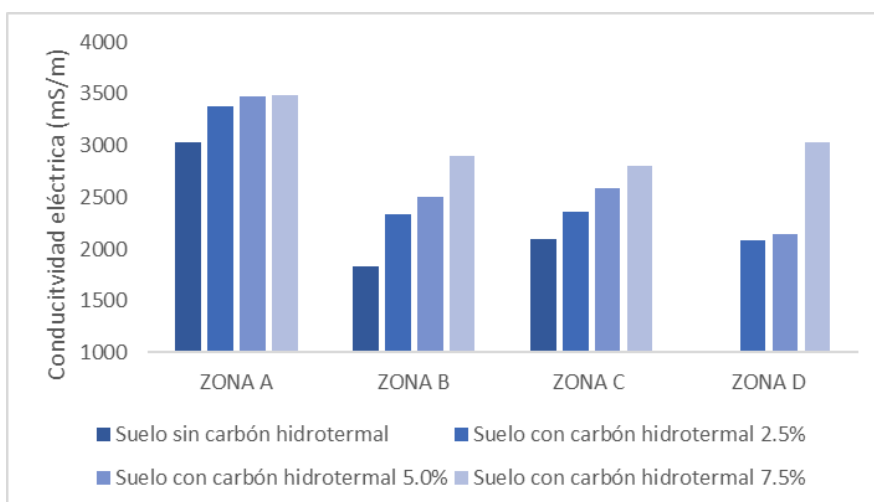


Tabla 9

Resultados de Ph

Tratamiento de suelo	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D
Suelo sin carbón hidrotermal	7.86	7.89	7.94	8.01
Suelo con carbón hidrotermal 2.5%	7.79	7.8	7.86	7.8
Suelo con carbón hidrotermal 5.0%	7.68	7.77	7.86	7.7
Suelo con carbón hidrotermal 7.5%	7.66	7.64	7.76	7.66

Figura 18

Gráfica del efecto de la dosificación y la variación del Ph

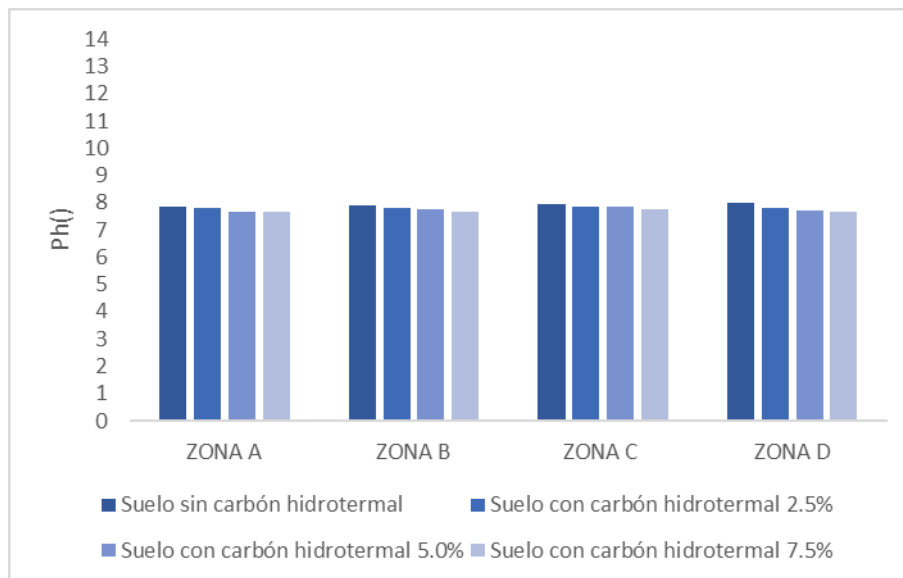


Tabla 10

Resultados de Capacidad de intercambio catiónico

Tratamiento de suelo	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D
Suelo sin carbón hidrotermal	20.87	19.96	20	17.79
Suelo con carbón hidrotermal 2.5%	28.5	23.71	22.64	21.09
Suelo con carbón hidrotermal 5.0%	28.64	22.49	22.81	21.47
Suelo con carbón hidrotermal 7.5%	28.17	23.91	22.75	21.87

Figura 19

Gráfica del efecto de la dosificación y la variación de CIC

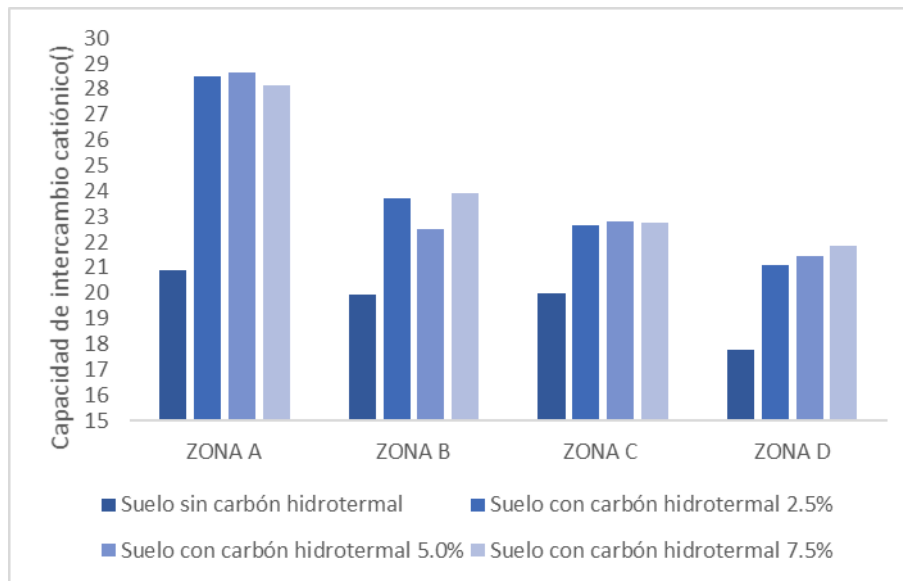


Tabla 11

Resultados del porcentaje de nitrógeno

Tratamiento de suelo	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D
Suelo sin carbón hidrotermal	654.24	554.14	536.28	603.07
Suelo con carbón hidrotermal 2.5%	2068.55	2159.26	1717.59	2058.82
Suelo con carbón hidrotermal 5.0%	3095.52	1880.09	2377.37	2684.07
Suelo con carbón hidrotermal 7.5%	3147.5	3109.67	2523.02	3282.23

Figura 20

Gráfica de efecto de la dosificación y la variación del nitrógeno

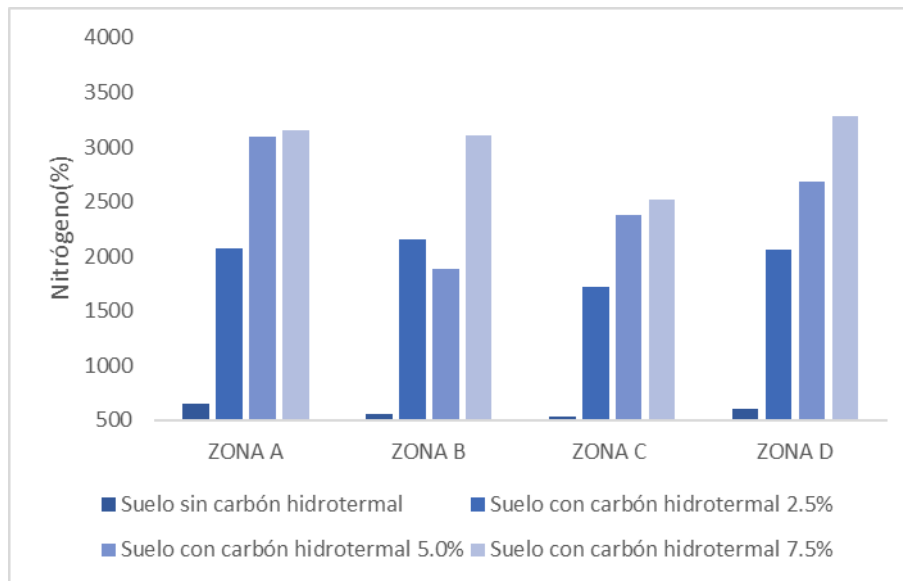


Tabla 12

Resultados del porcentaje de fósforo

Tratamiento de suelo	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D
Suelo sin carbón hidrotermal	200.84	29.7	48.24	38.95
Suelo con carbón hidrotermal 2.5%	97.85	91.45	102.58	100.37
Suelo con carbón hidrotermal 5.0%	118.22	126.59	132.83	149.58
Suelo con carbón hidrotermal 7.5%	158.84	155.27	152.44	191.35

Figura 21

Gráfica del efecto de la dosificación y la variación del fósforo

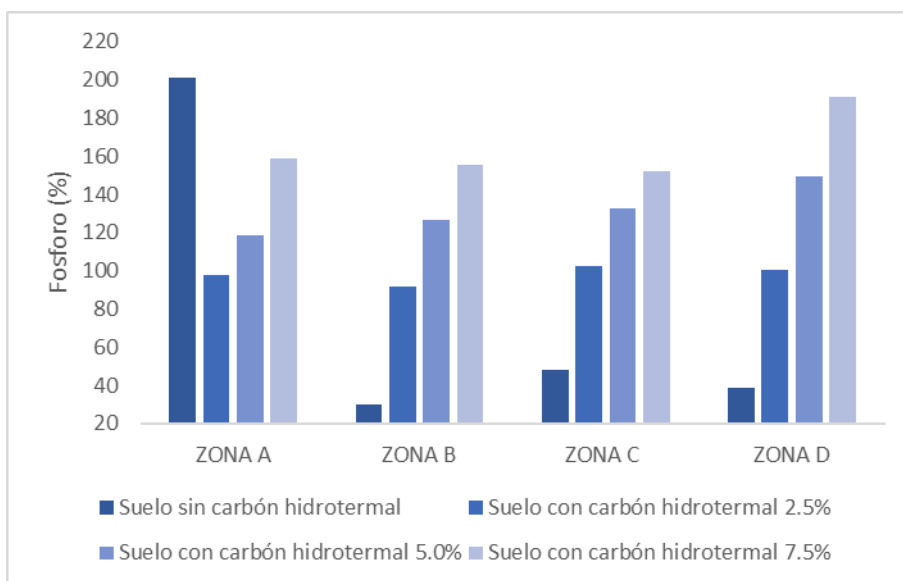


Tabla 13

Resultados del porcentaje de potasio

Tratamiento de suelo	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D
<i>Suelo sin carbón hidrotermal</i>	259.08	220.62	268.62	257.64
<i>Suelo con carbón hidrotermal 2.5%</i>	213.32	122.3	162.25	146.65
<i>Suelo con carbón hidrotermal 5.0%</i>	211.11	126.59	165.77	147.3
<i>Suelo con carbón hidrotermal 7.5%</i>	218.1	136.6	185.33	197.27

Figura 22

Gráfica del efecto de la dosificación y el potasio

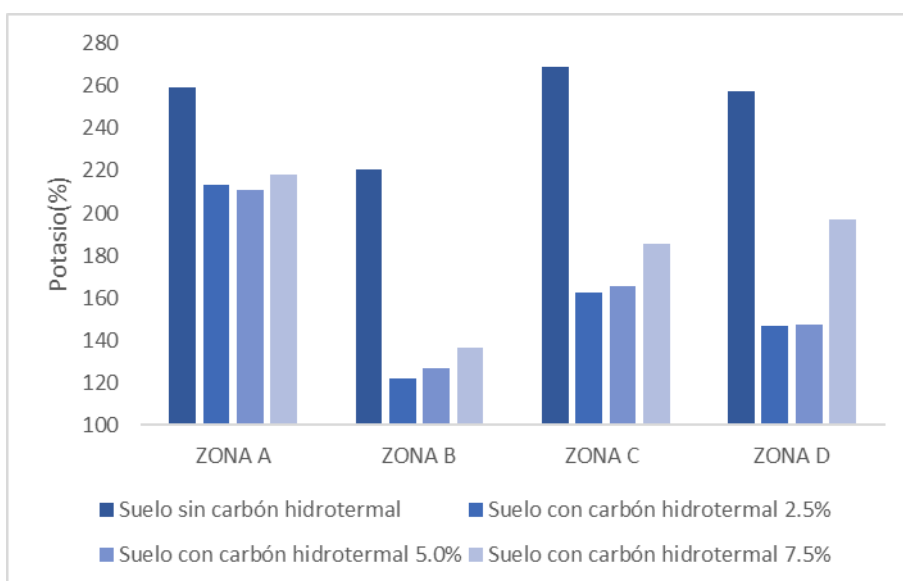


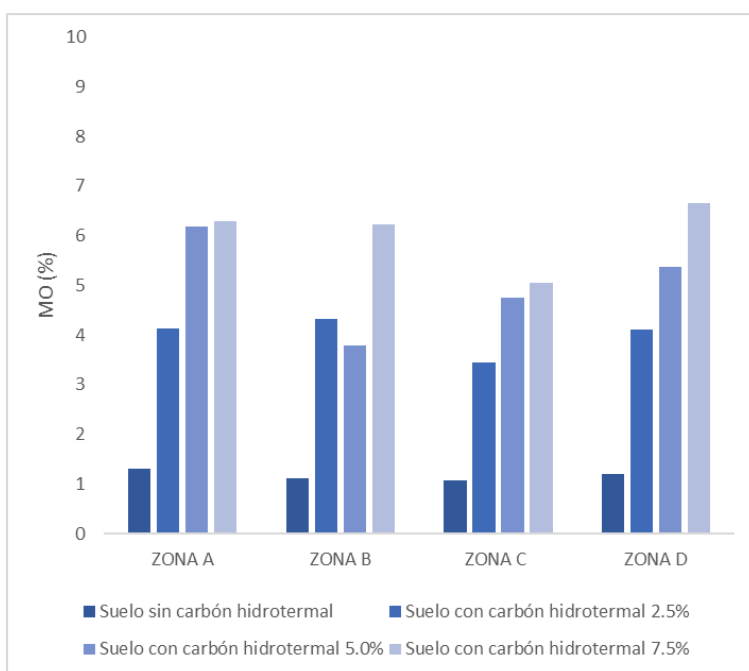
Tabla 14

Resultados del porcentaje de materia orgánica

Tratamiento de suelo	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D
Suelo sin carbón hidrotermal	1.31	1.11	1.07	1.21
Suelo con carbón hidrotermal 2.5%	4.14	4.32	3.44	4.12
Suelo con carbón hidrotermal 5.0%	6.19	3.78	4.75	5.37
Suelo con carbón hidrotermal 7.5%	6.3	6.22	5.05	6.65

Figura 23

Gráfica del efecto de la dosificación y la variación de materia orgánica



5.2. Resultados Inferenciales

Para realizar el análisis inferencial se deben identificar los efectos factoriales significativos y separarlos de los efectos no significativos y del error. Una vez que se seleccionan los términos, se puede probar la importancia del modelo con el análisis ANOVA.

El análisis de varianza (conocido como ANOVA, por sus siglas en inglés: Analysis of Variance) es una técnica estadística empleada en investigaciones

para contrastar las medias de tres o más grupos o tratamientos distintos. Debido a sus múltiples ventajas, es una herramienta ampliamente utilizada en tesis y otros estudios de investigación. Mientras que la normalidad nos genera una mayor confianza en los resultados: Cuando los datos siguen una distribución normal, se pueden aplicar métodos estadísticos más sólidos y bien establecidos. Esto puede aumentar la confianza en los resultados y las conclusiones obtenidas a partir del análisis.

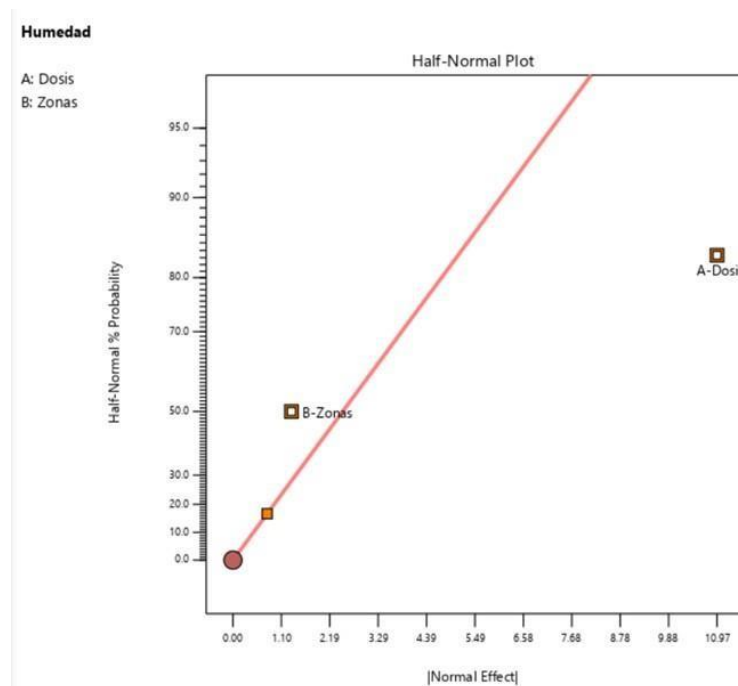
5.2.1. Análisis de efectos preliminares para el modelo

5.2.1.1. Humedad

Para seleccionar el modelo de la Figura 19 muestra la probabilidad seminormal que permitirá analizar en una primera instancia los parámetros con mayores efectos. En la Figura 19 se muestra que la A-Dosis aplicación presentan una alta magnitud de efecto.

Figura 24

Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio



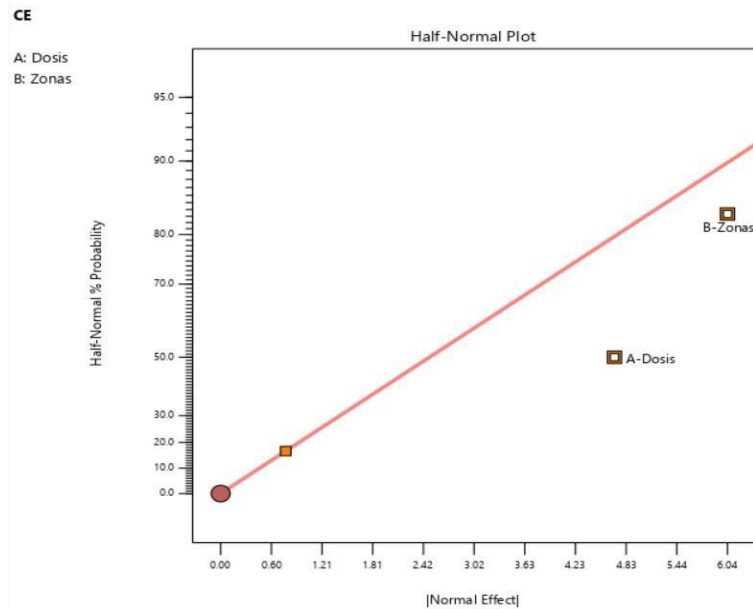
5.2.1.2. Conductividad Eléctrica (CE)

Para seleccionar el modelo la Figura 20 muestra la probabilidad seminormal que permitirá analizar en una primera instancia los parámetros con

mayores efectos. En la Figura 20 se muestra que la A-Dosis y B Zonas de aplicación presentan una alta magnitud de efecto.

Figura 25

Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio

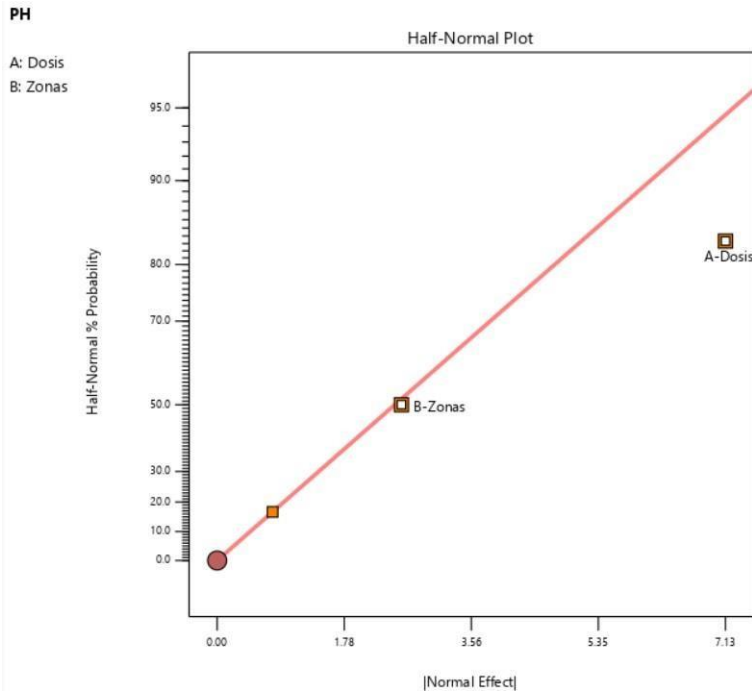


5.2.1.3. Potencial de Hidrogeno (PH)

Para seleccionar el modelo la Figura 21 muestra la probabilidad seminormal que permitirá analizar en una primera instancia los parámetros con mayores efectos. En la Figura 21 se muestra que solo A-Dosis de aplicación es la que presenta un gran efecto.

Figura 26

Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio

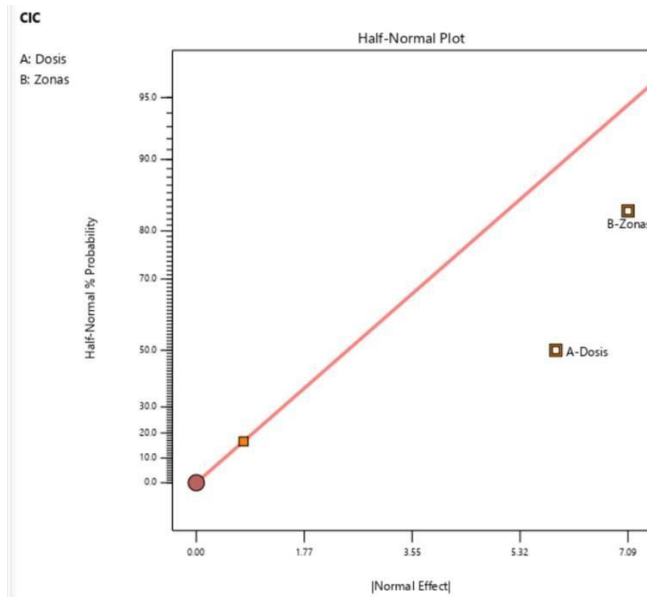


5.2.1.4. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Para seleccionar el modelo la Figura 22 muestra la probabilidad seminormal que permitirá analizar en una primera instancia los parámetros con mayores efectos. En la Figura 22 se muestra que A-Dosis y B-Zonas de aplicación no presentan magnitud del efecto.

Figura 27

Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio

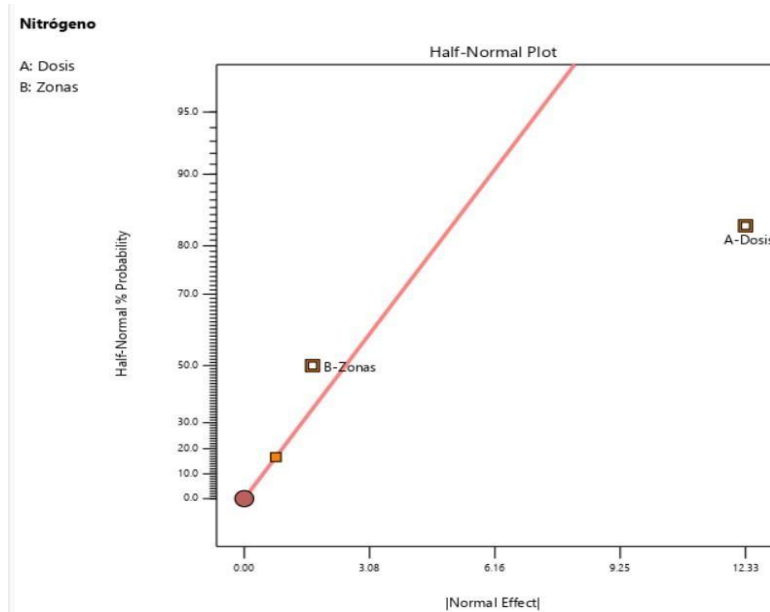


5.2.1.5. Nitrógeno Total (N)

Para seleccionar el modelo la Figura 23 muestra la probabilidad seminormal que permitirá analizar en una primera instancia los parámetros con mayores efectos. En la Figura 23 se muestra que A-Dosis tiene una aplicación de una alta magnitud del efecto.

Figura 28

Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio

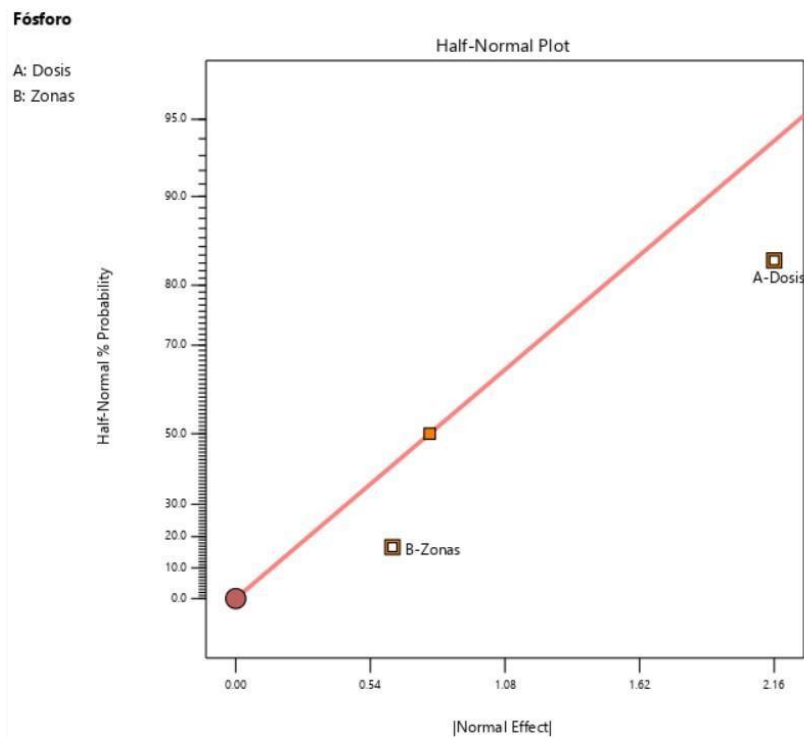


5.2.1.6. Fósforo (P)

Para seleccionar el modelo la Figura 24 muestra la probabilidad seminormal que permitirá analizar en una primera instancia los parámetros con mayores efectos. En la Figura 24 se muestra que A-Dosis y B- Zonas de aplicación presentan una alta magnitud del efecto.

Figura 29

Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio

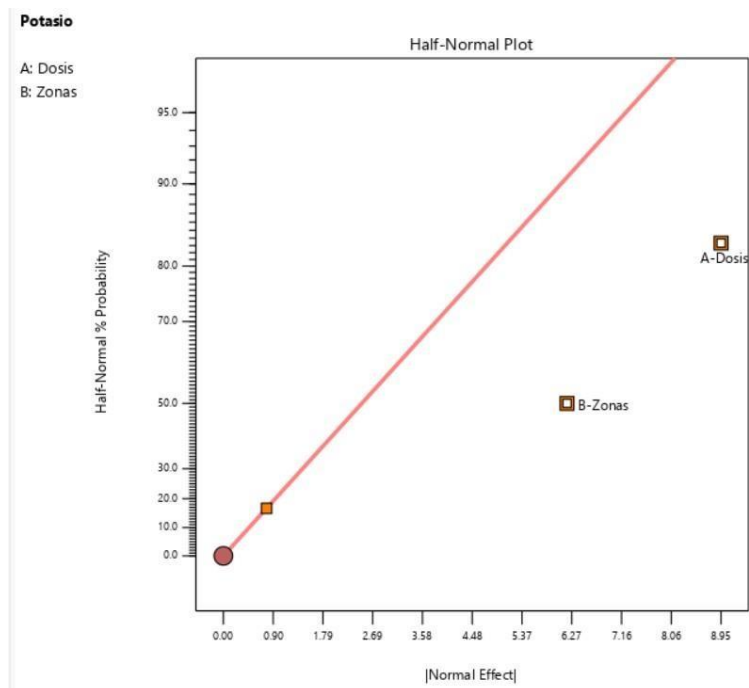


5.2.1.7. Potasio (K)

Para seleccionar el modelo la Figura 25 muestra la probabilidad seminormal que permitirá analizar en una primera instancia los parámetros con mayores efectos. La codificación por colores proporciona detalles sobre si los efectos son positivos. En la Figura 25 se muestra que solo A-Dosis y B-Zonas de aplicación presenta magnitud del efecto.

Figura 30

Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio

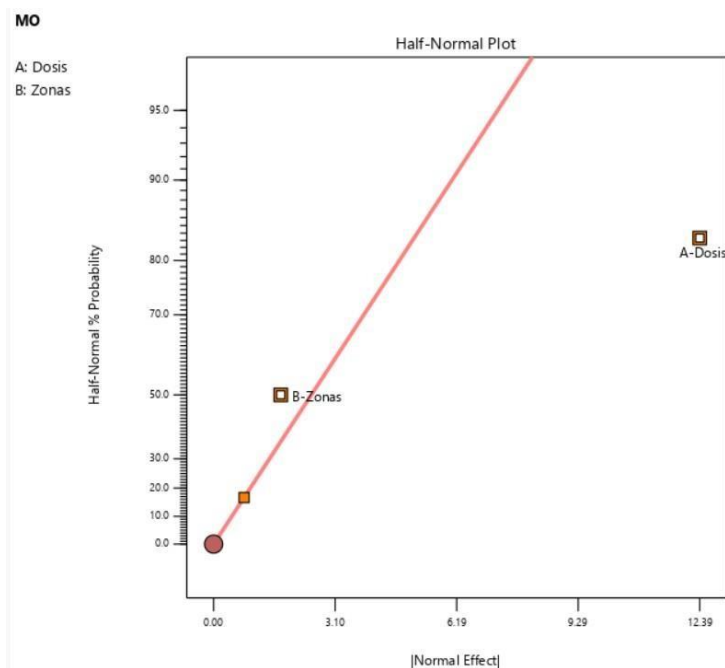


5.2.1.8. Materia Orgánica (MO)

Para seleccionar el modelo la Figura 27 muestra la probabilidad seminormal que permitirá analizar en una primera instancia los parámetros con mayores efectos. En la Figura 27 se muestra que la A-Dosis que presenta una alta magnitud del efecto.

Figura 31

Gráfica de probabilidad seminormal de los efectos de los parámetros de estudio



5.2.2. Análisis ANOVA de los diseños factoriales

5.2.2.1. Humedad

Para determinar la significancia de los parámetros en el modelo estadístico se aplicó el análisis de la varianza. La Tabla 16 muestra los estadísticos del análisis de la varianza del modelo. Según la Tabla 16 el valor F del modelo de 22.49 implica que el modelo es significativo.

Los valores p inferiores a 0.05 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, A-Dosis y B-Zonas de aplicación son términos significativos del modelo.

Tabla 15

Matriz ANOVA de Humedad

Recursos	Suma de cuadrados	GL	Suma de medias	F-value	p-value
Modelo	60.26	6	10.04	22.49	< 0.0001
A-Dosis	58.10	3	19.37	43.37	< 0.0001
B-Zonas	2.16	3	0.7195	1.61	0.2544
Residual	4.02	9	0.4466		
Cor Total	64.27	15			

5.2.2.2. Conductividad Eléctrica (CE)

Para determinar la significancia de los parámetros en el modelo estadístico se aplicó el análisis de la varianza. La Tabla 17 muestra los estadísticos del análisis de la varianza del modelo. Según la Tabla 17 el valor F del modelo de 12.10 implica que el modelo es significativo.

En este caso, A-Dosis y B-Zonas de aplicación son términos significativos del modelo.

Tabla 16

Matriz ANOVA de Conductividad Eléctrica (CE)

Recursos	Suma de cuadrados	GL	Suma de medias	F-value	p-value
Modelo	5.883E+06	6	9.804E+05	12.10	0.0007
A-Dosis	2.320E+06	3	7.732E+05	9.55	0.0037
B-Zonas	3.563E+06	3	1.188E+06	14.66	0.0008
Residual	7.290E+05	9	81003.50		
Cor Total	6.612E+06	15			

5.2.2.3. Potencial de Hidrógeno (PH)

Para determinar la significancia de los parámetros en el modelo estadístico se aplicó el análisis de la varianza. La Tabla 18 muestra los estadísticos del análisis de la varianza del modelo. Según la Tabla 18 el valor F del modelo de 11.71 implica que el modelo es significativo.

Los valores p inferiores a 0.05 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, A-Dosis y B-Zonas de aplicación es un término significativo del modelo.

Tabla 17

Matriz ANOVA de Potencial de Hidrógeno (PH)

Recursos	Suma de cuadrados	GL	Suma de medias	F-value	p-value
Modelo	0.1538	6	0.0256	11.71	0.0008
A-Dosis	0.1289	3	0.0430	19.62	0.0003
B-Zonas	0.0250	3	0.0083	3.80	0.0520
Residual	0.0197	9	0.0022		
Cor Total	0.1735	15			

5.2.2.4. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Para determinar la significancia de los parámetros en el modelo estadístico se aplicó el análisis de la varianza. La Tabla 19 muestra los estadísticos del análisis de la varianza del modelo. Según la Tabla 19 el valor F del modelo de 16.78 implica que el modelo es significativo.

Los valores p inferiores a 0.05 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, A-Dosis de aplicación es un término significativo del modelo.

Tabla 18.

Matriz ANOVA de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Recursos	Suma de cuadrados	GL	Suma de medias	F-value	p-value
Modelo	135.57	6	22.59	16.78	0.0002
A-Dosis	56.96	3	18.99	14.10	0.0010
B-Zonas	78.61	3	26.20	19.46	0.0003
Residual	12.12	9	1.35		
Cor Total	147.69	15			

5.2.2.5. Nitrógeno Total (N)

Para determinar la significancia de los parámetros en el modelo estadístico se aplicó el análisis de la varianza. La Tabla 20 muestra los estadísticos del análisis de la varianza del modelo. Según la Tabla 20 el valor F del modelo de 28.09 implica que el modelo es significativo

Los valores p inferiores a 0.05 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, A-Dosis y B-Zonas de aplicación son términos significativos del modelo.

Tabla 19.

Matriz ANOVA de Nitrógeno Total

Recursos	Suma de cuadrados	GL	Suma de medias	F-value	p-value
Modelo	1.366E+07	6	2.276E+06	28.09	< 0.0001
A-Dosis	1.314E+07	3	4.379E+06	54.05	< 0.0001
B-Zonas	5.200E+05	3	1.733E+05	2.14	0.1653
Residual	7.292E+05	9	81024.86		
Cor Total	1.439E+07	15			

5.2.2.6. Fósforo (P)

Para determinar la significancia de los parámetros en el modelo estadístico se aplicó el análisis de la varianza. La Tabla 21 muestra los estadísticos del análisis de la varianza del modelo. Según la Tabla 21 el valor F del modelo 1.85 implica que el modelo es no significativo.

Los valores p mayores a 0.05 indican que los términos del modelo son no significativos para el estudio.

Tabla 20.

Matriz ANOVA de Fósforo (P)

Recursos	Suma de cuadrados	GL	Suma de medias	F-value	p-value
Modelo	21155.86	6	3525.98	1.85	0.1960
A-Dosis	16938.69	3	5646.23	2.96	0.0904
B-Zonas	4217.17	3	1405.72	0.7360	0.5565
Residual	17189.58	9	1909.95		
Cor Total	38345.44	15			

5.2.2.7. Potasio (K)

Para determinar la significancia de los parámetros en el modelo estadístico se aplicó el análisis de la varianza. La Tabla 23 muestra los estadísticos del análisis de la varianza del modelo. Según la Tabla 23 el valor F del modelo de 22.47 implica que el modelo es significativo.

Los valores p inferiores a 0.05 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, B-Zonas es un término significativo del modelo.

Tabla 21.

Matriz ANOVA de Potasio (K)

Recursos	Suma de cuadrados	GL	Suma de medias	F-value	p-value
Modelo	32654.92	6	5442.49	22.47	< 0.0001
A-Dosis	21569.48	3	7189.83	29.68	< 0.0001
B-Zonas	11085.44	3	3695.15	15.26	0.0007
Residual	2179.92	9	242.21		
Cor Total	34834.85	15			

5.2.2.8. Materia Orgánica (MO)

Para determinar la significancia de los parámetros en el modelo estadístico se aplicó el análisis de la varianza. La Tabla 24 muestra los

estadísticos del análisis de la varianza del modelo. Según la Tabla 24 el valor F del modelo de 28.36 implica que el modelo es significativo.

Los valores p inferiores a 0.05 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, A-Dosis y B-Zonas de aplicación son términos significativos del modelo.

Tabla 22

Matriz ANOVA de Materia Orgánica (MO)

Recursos	Suma de cuadrados	GL	Suma de medias	F-value	p-value
Modelo	55.06	6	9.18	28.36	< 0.0001
A-Dosis	52.93	3	17.64	54.52	< 0.0001
B-Zonas	2.13	3	0.7085	2.19	0.1590
Residual	2.91	9	0.3236		
Cor Total	57.97	15			

5.2.3. Análisis del modelo estadístico

5.2.3.1. Humedad

En el modelo estadístico utilizado se calculó la ecuación en términos de factores codificados, esta ecuación se puede usar para hacer predicciones sobre la respuesta para niveles dados de cada factor. De forma predeterminada, los niveles altos de los factores se codifican como +1 y los niveles bajos se codifican como -1. La ecuación codificada de la interacción de esta tesis es la siguiente:

$$\mathbf{Humedad} = 3.78 + 3.30 * \text{Dosis (1)} - 1.10 * \text{Dosis (2)} - 1.19 * \text{Dosis (3)} + 0.3838 * \text{Zona (1)} - 0.4012 * \text{Zona (2)} + 0.3487 * \text{Zona (3)}$$

Para la determinación de la repetitividad de la ecuación se calcula el R^2 previsto de 0.9375, este valor está razonablemente de acuerdo con el R^2 ajustado de 0.8958; es decir, la diferencia es inferior a 0.2. El indicador *Adeq Precisión* mide la relación señal/ruido es deseable una relación superior a 4 del valor estimado la relación de 11.92 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

Tabla 23

Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento

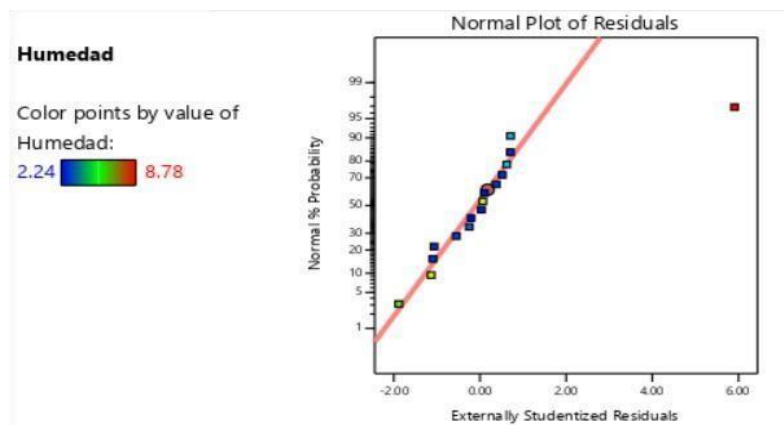
Indicador	Humedad
R ²	0.9375
Adjusted R ²	0.8958
Predicted R ²	0.8024
Adeq Precision	11.9283

Análisis de la normalidad

Este análisis nos permite evidenciar la distribución de los valores en la recta normal. Como se muestra en la Figura 28 la tendencia de los resultados sigue la recta normal.

Figura 32

Gráfica de la normalidad

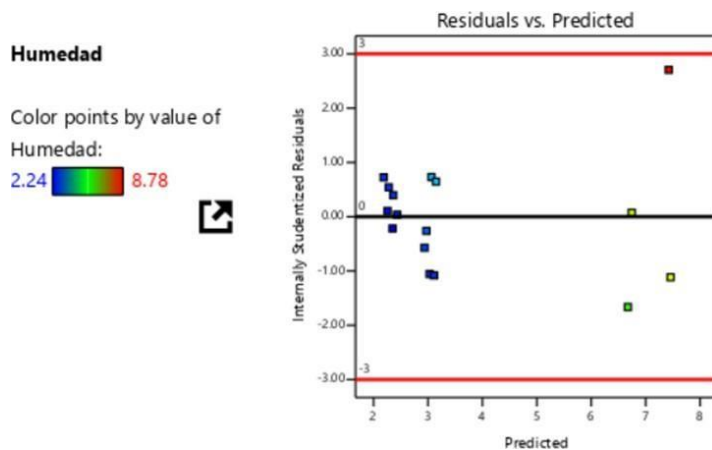


Homogeneidad de la varianza

En la Figura 29 se grafican los residuales contra los valores ajustados para los datos de humedad. Las distribuciones de los resultados no presentan una tendencia, la varianza de las observaciones no se incrementa cuando la magnitud de la observación se incrementa. Por lo tanto, no es el caso si el error o ruido de fondo del experimento fuera un porcentaje constante de la magnitud de la observación.

Figura 33

Supuesto de homogeneidad de la varianza



5.2.3.2. Conductividad Eléctrica

En el modelo estadístico utilizado se calculó la ecuación en términos de factores codificados, esta ecuación se puede usar para hacer predicciones sobre la respuesta para niveles dados de cada factor. De forma predeterminada, los niveles altos de los factores se codifican como +1 y los niveles bajos se codifican como -1. La ecuación codificada de la interacción de esta tesis es la siguiente:

$$\text{Conductividad Eléctrica} = 2566.50 - 572.75\text{Dosis1} - 26.75\text{Dosis2} + 110.75\text{Dosis3} + 775.50\text{Zona1} - 175.00\text{Zona2} - 102.25\text{Zona3}$$

Para la determinación de la repetitividad de la ecuación se calcula el R^2 previsto de 0.8897, este valor no está razonablemente de acuerdo con el R^2 ajustado de 0.8162; es decir, la diferencia es inferior a 0.2. El indicador *Adeq Precisión* mide la relación señal/ruido es deseable una relación superior a 4 del valor estimado la relación de 12.4049 indica una señal no adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

Tabla 24

Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento

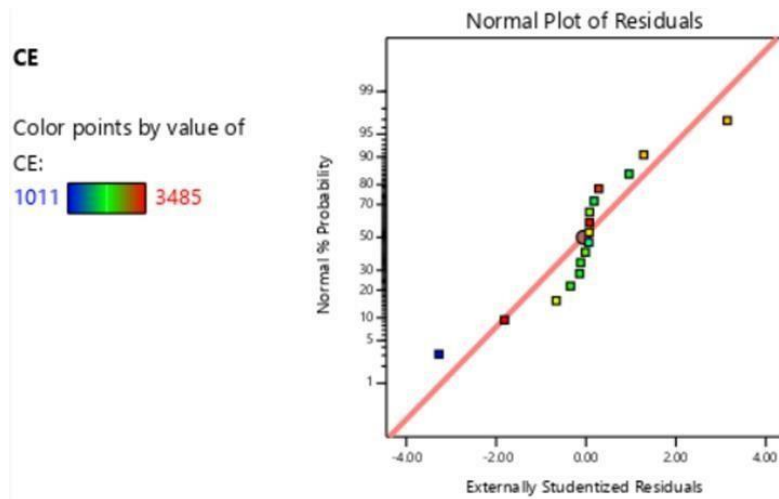
<u>Indicador</u>	<u>CE</u>
R^2	0.8897
Adjusted R^2	0.8162
Predicted R^2	0.6515
Adeq Precision	12.4049

Análisis de la normalidad

Este análisis nos permite evidenciar la distribución de los valores en la recta normal. Como se muestra en la Figura 30 la tendencia de los resultados sigue la recta normal.

Figura 34

Gráfica de la normalidad

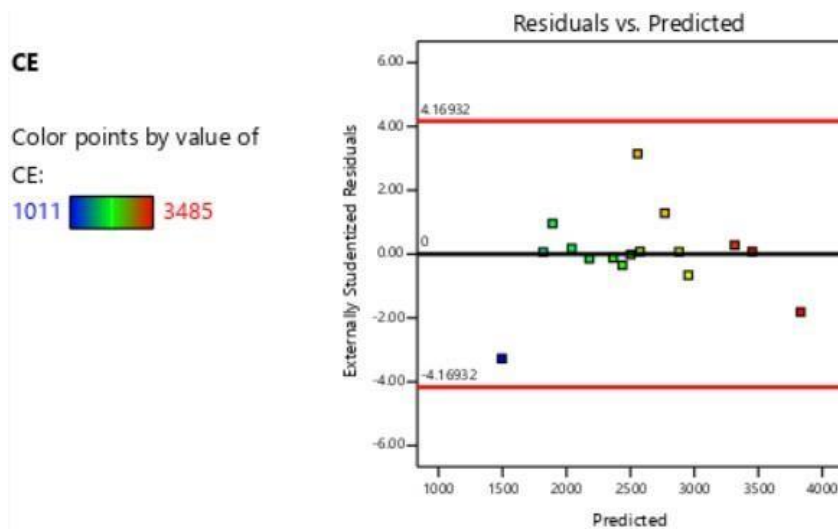


Homogeneidad de la varianza

En la Figura 31 se grafican los residuales contra los valores ajustados para los datos de conductividad eléctrica. Las distribuciones de los resultados no presentan una tendencia, la varianza de las observaciones no se incrementa cuando la magnitud de la observación se incrementa. Por lo tanto, no es el caso si el error o ruido de fondo del experimento fuera un porcentaje constante de la magnitud de la observación.

Figura 35

Supuesto de homogeneidad de la varianza



5.2.3.3. *Potencial de Hidrógeno(pH)*

En el modelo estadístico utilizado se calculó la ecuación en términos de factores codificados, esta ecuación se puede usar para hacer predicciones sobre la respuesta para niveles dados de cada factor. De forma predeterminada, los niveles altos de los factores se codifican como +1 y los niveles bajos se codifican como -1. La ecuación codificada de la interacción de esta tesis es la siguiente:

$$\text{pH} = +7.79 + 0.1325\text{Dosis1} + 0.0200\text{Dosis2} - 0.0400\text{Dosis3} - 0.0450\text{Zona1} + 0.0175\text{Zona2} + 0.0625\text{Zona3}$$

Para la determinación de la repetitividad de la ecuación se calcula el R^2 previsto de 0.8865, este valor no está tan cerca del R^2 ajustado de 0.8108; es decir, la diferencia es superior a 0.2. Esto puede indicar un gran efecto de bloque o un posible problema con su modelo y/o datos. Hay que tener en cuenta la reducción del modelo, la transformación de la respuesta, los valores atípicos, etc. El indicador *Adeq Precision* mide la relación señal/ruido es deseable una relación superior a 4 del valor estimado la relación de 11.3909 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

Tabla 25

Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento

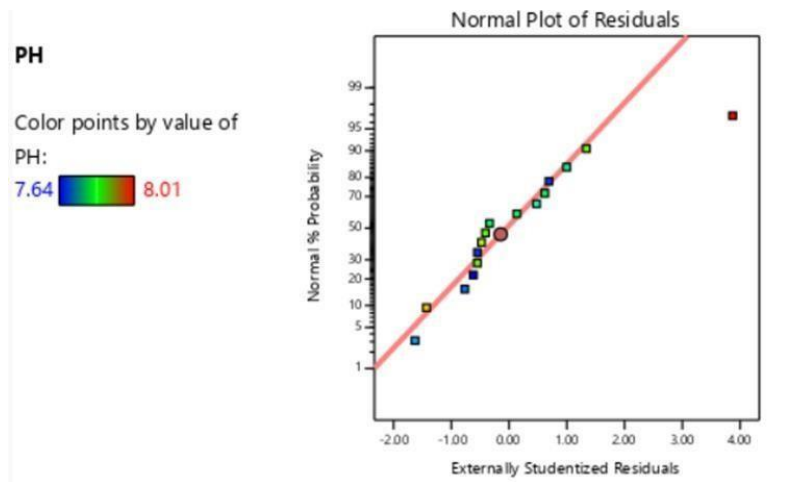
<u>Indicador</u>	<u>PH</u>
R ²	0.8865
Adjusted R ²	0.8108
Predicted R ²	0.6411

Análisis de la normalidad

Este análisis nos permite evidenciar la distribución de los valores en la recta normal. Como se muestra en la Figura 32 la tendencia de los resultados sigue la recta normal.

Figura 36

Gráfica de la normalidad

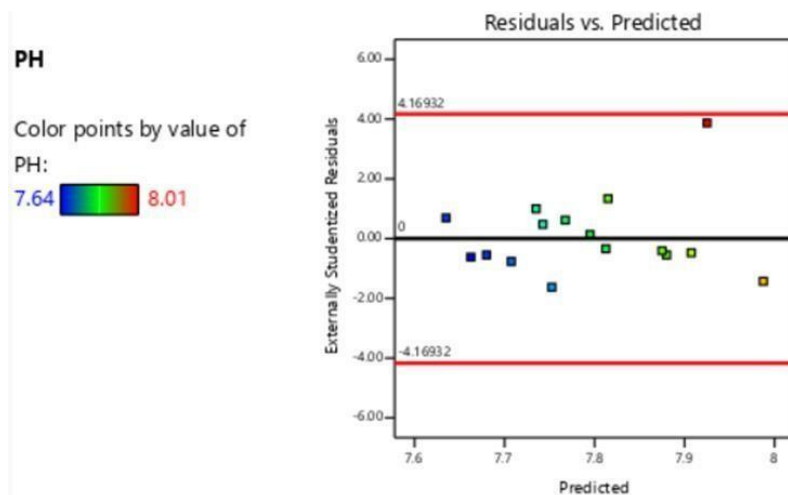


Homogeneidad de la varianza

En la Figura 33 se grafican los residuales contra los valores ajustados para los datos de potencial hidrógeno. Las distribuciones de los resultados no presentan una tendencia, la varianza de las observaciones no se incrementa cuando la magnitud de la observación se incrementa. Por lo tanto, no es el caso si el error o ruido de fondo del experimento fuera un porcentaje constante de la magnitud de la observación.

Figura 37

Supuesto de homogeneidad de la varianza



5.2.3.4. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

En el modelo estadístico utilizado se calculó la ecuación en términos de factores codificados, esta ecuación se puede usar para hacer predicciones sobre la respuesta para niveles dados de cada factor. De forma predeterminada, los niveles altos de los factores se codifican como +1 y los niveles bajos se codifican como -1. La ecuación codificada de la interacción de esta tesis es la siguiente:

$$\text{CIC} = +22.92 - 3.26\text{Dosis1} + 1.07\text{Dosis2} + 0.9356\text{Dosis3} + 3.63\text{Zona1} - 0.3994\text{Zona2} - 0.8669\text{Zona3}$$

Para la determinación de la repetitividad de la ecuación se calcula el R^2 previsto de 0.9179, este valor no está tan cerca del R^2 ajustado de 0.8632; es decir, la diferencia es superior a 0.2. Esto puede indicar un gran efecto de bloque o un posible problema con su modelo y/o datos. El indicador *Adeq Precisión* mide la relación señal/ruido es deseable una relación superior a 4 del valor estimado la relación de 13.692 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

Tabla 26

Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento

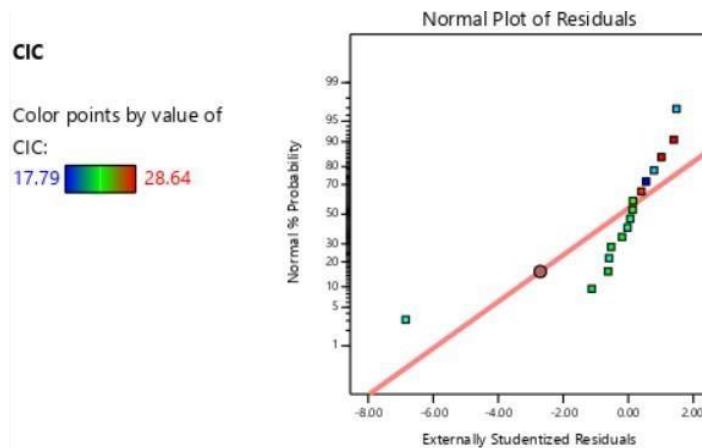
Indicador	CIC
R ²	0.9179
Adjusted R ²	0.8632
Predicted R ²	0.7406
Adeq Precision	13.6925

Análisis de la normalidad

Este análisis nos permite evidenciar la distribución de los valores en la recta normal. Como se muestra en la Figura 34 la tendencia de los resultados sigue la recta normal.

Figura 38

Gráfica de la normalidad

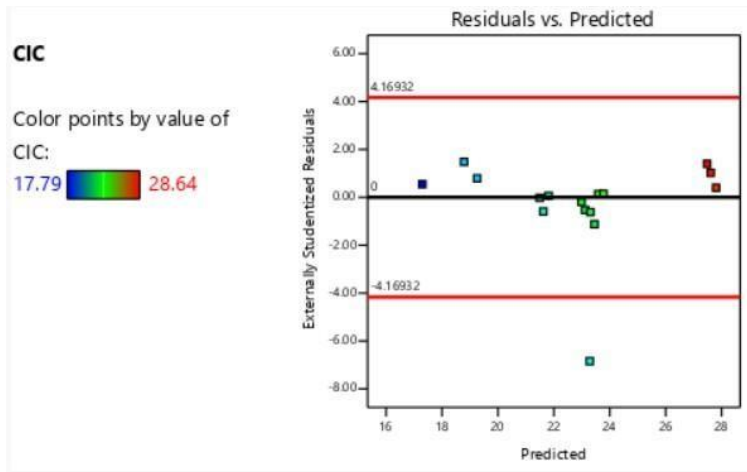


Homogeneidad de la varianza

En la Figura 35 se grafican los residuales contra los valores ajustados para los datos de capacidad de intercambio catiónico. Las distribuciones de los resultados no presentan una tendencia, la varianza de las observaciones no se incrementa cuando la magnitud de la observación se incrementa. Por lo tanto, no es el caso si el error o ruido de fondo del experimento fuera un porcentaje constante de la magnitud de la observación.

Figura 39

Supuesto de homogeneidad de la varianza



5.2.3.5. Nitrógeno Total(N)

En el modelo estadístico utilizado se calculó la ecuación en términos de factores codificados, esta ecuación se puede usar para hacer predicciones sobre la respuesta para niveles dados de cada factor. De forma predeterminada, los niveles altos de los factores se codifican como +1 y los niveles bajos se codifican como -1. La ecuación codificada de la interacción de esta tesis es la siguiente:

$$N \text{ total} = +2028.21 - 1441.25\text{Dosis1} - 22.16\text{Dosis2} + 481.05\text{Dosis3} + 213.24\text{Zona1} - 102.42\text{Zona2} - 239.65\text{Zona3}$$

Para la determinación de la repetitividad de la ecuación se calcula el R^2 previsto de 0.9493, este valor está razonablemente de acuerdo con el R^2 ajustado de 0.9155; es decir, la diferencia es inferior a 0.2. El indicador Adeq Precision mide la relación señal/ruido es deseable una relación superior a 4 del valor estimado la relación de 15.304 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

Tabla 27

Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento

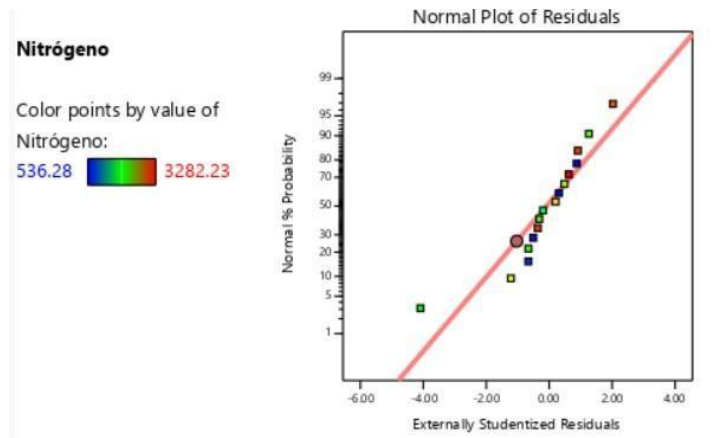
<u>Indicador</u>	<u>Nitrógeno</u>
R^2	0.9493
Adjusted R^2	0.9155
Predicted R^2	0.8398
Adeq Precision	15.3049

Análisis de la normalidad

Este análisis nos permite evidenciar la distribución de los valores en la recta normal. Como se muestra en la Figura 36 la tendencia de los resultados sigue la recta normal.

Figura 40

Gráfica de la normalidad

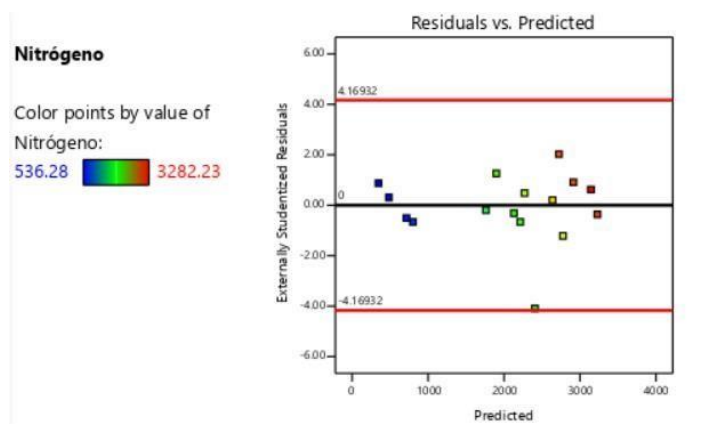


Homogeneidad de la varianza

En la Figura 37 se grafican los residuales contra los valores ajustados para los datos del nitrógeno. Las distribuciones de los resultados no presentan una tendencia, la varianza de las observaciones no se incrementa cuando la magnitud de la observación se incrementa. Por lo tanto, no es el caso si el error o ruido de fondo del experimento fuera un porcentaje constante de la magnitud de la observación.

Figura 41

Supuesto de homogeneidad de la varianza



5.2.3.6. Fósforo (P)

En el modelo estadístico utilizado se calculó la ecuación en términos de factores codificados, esta ecuación se puede usar para hacer predicciones sobre la respuesta para niveles dados de cada factor. De forma predeterminada, los niveles altos de los factores se codifican como +1 y los niveles bajos se codifican como -1. La ecuación codificada de la interacción de esta tesis es la siguiente:

$$P = +118.44 - 39.01\text{Dosis1} - 20.38\text{Dosis2} + 13.36\text{Dosis3} + 25.49\text{Zona1} - 17.69\text{Zona2} - 9.42\text{Zona3}$$

Para la determinación de la repetitividad de la ecuación se calcula el R^2 previsto de 0.5517, este valor está razonablemente de acuerdo con el R^2 ajustado de 0.2529; es decir, la diferencia es mayor a 0.2. El indicador Adeq Precision mide la relación señal/ruido es deseable una relación superior a 4 del valor estimado la relación de 4.4359.

Tabla 28

Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento

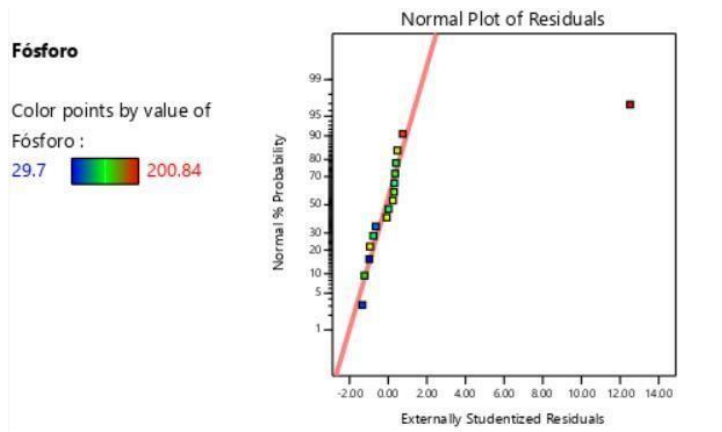
<u>Indicador</u>	<u>Fosforo</u>
R^2	0.5517
Adjusted R^2	0.2529
Predicted R^2	-0.4168
Adeq Precision	4.4359

Análisis de la normalidad

Este análisis nos permite evidenciar la distribución de los valores en la recta normal. Como se muestra en la Figura 38 la tendencia de los resultados sigue la recta normal.

Figura 42

Gráfica de la normalidad

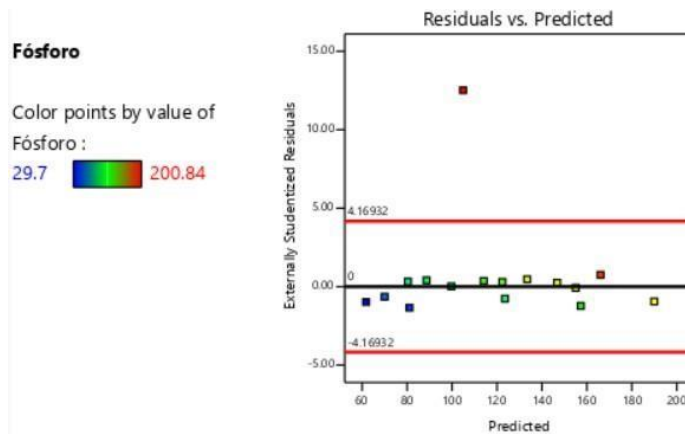


Homogeneidad de la varianza

En la Figura 39 se grafican los residuales contra los valores ajustados para los datos de fósforo. Las distribuciones de los resultados no presentan una tendencia, la varianza de las observaciones no se incrementa cuando la magnitud de la observación se incrementa. Por lo tanto, no es el caso si el error o ruido de fondo del experimento fuera un porcentaje constante de la magnitud de la observación.

Figura 43

Supuesto de homogeneidad de la varianza



5.2.3.7. Potasio(K)

En el modelo estadístico utilizado se calculó la ecuación en términos de factores codificados, esta ecuación se puede usar para hacer predicciones sobre la respuesta para niveles dados de cada factor. De forma predeterminada, los niveles altos de los factores se codifican como +1 y los

niveles bajos se codifican como -1. La ecuación codificada de la interacción de esta tesis es la siguiente:

$$K = +198.91 + 61.58Dosis1 - 28.78Dosis2 - 27.22Dosis3 + 35.49Zona1 - 38.38Zona2 + 5.58Zona3$$

Para la determinación de la repetitividad de la ecuación se calcula el R² previsto de 0.9374, este valor está tan cerca del R² ajustado de 0.8957; es decir, la diferencia es inferior a 0.2. Esto puede indicar un ligero efecto de bloque o un posible problema con su modelo y/o datos. Hay que tener en cuenta la reducción del modelo, la transformación de la respuesta, los valores atípicos, etc. El indicador Adeq Precision mide la relación señal/ruido es deseable una relación superior a 4 del valor estimado la relación de 15.954 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

Tabla 29

Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento

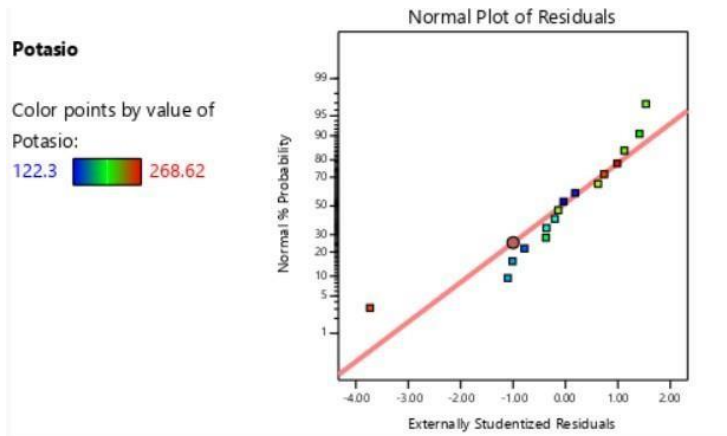
Indicador	Potasio
R ²	0.9374
Adjusted R ²	0.8957
Predicted R ²	0.8022
Adeq Precision	15.9543

Análisis de la normalidad

Este análisis nos permite evidenciar la distribución de los valores en la recta normal. Como se muestra en la Figura 40 la tendencia de los resultados sigue la recta normal.

Figura 44

Gráfica de la normalidad

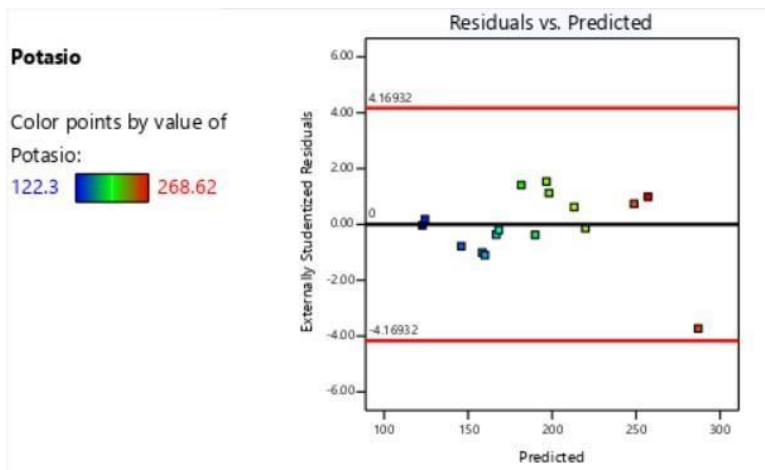


Homogeneidad de la varianza

En la Figura 41 se grafican los residuales contra los valores ajustados para los datos de potasio. Las distribuciones de los resultados no presentan una tendencia, la varianza de las observaciones no se incrementa cuando la magnitud de la observación se incrementa. Por lo tanto, no es el caso si el error o ruido de fondo del experimento fuera un porcentaje constante de la magnitud de la observación.

Figura 45

Supuesto de homogeneidad de la varianza



5.2.3.8. *Materia Orgánica (MO)*

En el modelo estadístico utilizado se calculó la ecuación en términos de factores codificados, esta ecuación se puede usar para hacer predicciones

sobre la respuesta para niveles dados de cada factor. De forma predeterminada, los niveles altos de los factores se codifican como +1 y los niveles bajos se codifican como -1. La ecuación codificada de la interacción de esta tesis es la siguiente:

$$MO = +4.06 - 2.89Dosis1 - 0.0594Dosis2 + 0.9581Dosis3 + 0.4206Zona1 - 0.2069Zona2 - 0.4869Zona3$$

Para la determinación de la repetitividad de la ecuación se calcula el R² previsto de 0.8412, este valor está razonablemente de acuerdo con el R² ajustado de 0.9163; es decir, la diferencia es inferior a 0.2. El indicador Adeq Precision mide la relación señal/ruido es deseable una relación superior a 4 del valor estimado la relación de 15.381 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño.

Tabla 30

Indicadores de ajuste del diseño factorial del experimento

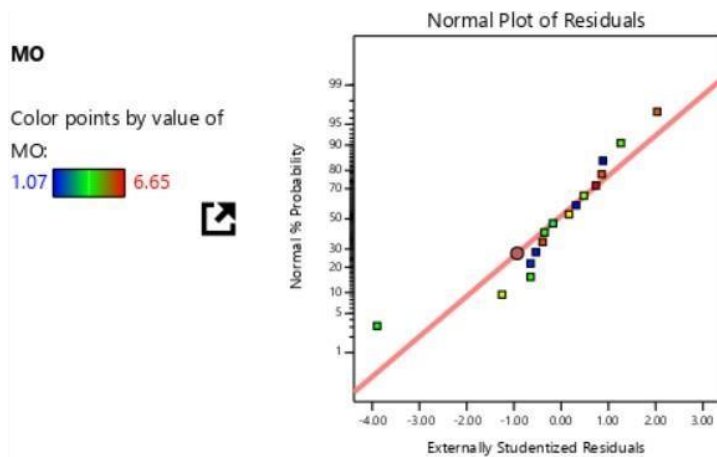
Indicador	MO
R ²	0.9498
Adjusted R ²	0.9163
Predicted R ²	0.8412
Adeq Precision	15.3817

Análisis de la normalidad

Este análisis nos permite evidenciar la distribución de los valores en la recta normal. Como se muestra en la Figura 44 la tendencia de los resultados sigue la recta normal.

Figura 46

Gráfica de la normalidad

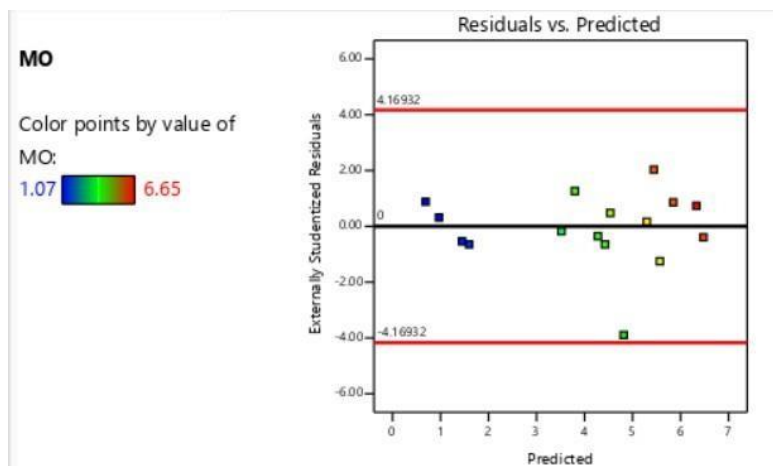


Homogeneidad de la varianza

En la Figura 45 se grafican los residuales contra los valores ajustados para los datos de la materia orgánica. Las distribuciones de los resultados no presentan una tendencia, la varianza de las observaciones no se incrementa cuando la magnitud de la observación se incrementa. Por lo tanto, no es el caso si el error o ruido de fondo del experimento fuera un porcentaje constante de la magnitud de la observación.

Figura 47

Supuesto de homogeneidad de la varianza



VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Esta investigación planteó como hipótesis general “El carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia tiene un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en parques del distrito de Carabayllo, Sector 2- Lima, 2023”. Para demostrar o dar por afirmado la demostración de la hipótesis general, se manifiesta el método hipotético-deductivo usado en esta investigación, este método permite demostrar que si las hipótesis específicas son afirmativas por la lógica de la deducción por lo que se afirma la demostración de la Hipótesis general que queda demostrada.

En consecuencia, para la demostración de esta hipótesis general se obtiene un valor de p-value de parámetro físico de humedad es <0.0001 que es significativo, en los parámetros químicos de la conductividad eléctrica es p-value es 0.0007 , el potencial hidrógeno es p-value 0.0008 , la capacidad de intercambio catiónico p-value 0.0002 , el nitrógeno total su p-value es <0.0001 , el fósforo su p-value es 0.1960 no significativo, el potasio su p-value es <0.0001 y materia orgánica su p-value es <0.0001 .

De las dos hipótesis específicas planteadas la primera y la segunda son hipótesis confirmadas, por lo tanto, se puede afirmar que el carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia tiene un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en parques del distrito de Carabayllo, Sector 2-Lima, 2023”.

La demostración de la hipótesis general se realizó de acuerdo a las demostraciones de las hipótesis específicas como se muestra a continuación:

6.1.1 Hipótesis específica 1

Esta investigación se planteó como primera hipótesis específica y su hipótesis nula:

- **H₁**: “Las propiedades fisicoquímicas impactan significativamente en los suelos de los parques del distrito de Carabayllo.”.

- **H₀**: “Las propiedades fisicoquímicas no impactan significativamente en los suelos de los parques del distrito de Carabayllo.”.

Se desarrolló la hipótesis específica que implicaba la confirmación que la dosis de carbón hidrotermal derivado de lodo de un PTAR aerobia tiene un impacto significativo en la propiedad física de la humedad en los suelos de los parques de distrito de Carabayllo. De acuerdo con los resultados obtenidos en la Fig. Factores de probabilidad seminormales (Figura 19)

El factor de respuesta a las propiedades físicas es significativo, el mismo análisis se confirma cuantitativamente en la Tabla 18. El análisis de varianza (ANOVA) sobre el factor dosificación de aplicación de carbón hidrotermal si la significación es $p < 0,05$.

6.1.2 Hipótesis específica 2

Esta investigación se planteó como segunda hipótesis específica y su hipótesis nula:

- **H₁**: “El carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia tiene un efecto significativo sobre las propiedades químicas del suelo en parques del distrito de Carabayllo, Sector 2-Lima, 2023”.
-
- **H₀**: “El carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia **no** tiene un efecto significativo sobre las propiedades químicas del suelo en parques del distrito de Carabayllo, Sector 2- Lima, 2023”.
-

Se desarrolló la hipótesis específica que implicaba la confirmación que la dosis de carbón hidrotermal derivado de lodo de un PTAR aerobia tiene un impacto significativo en las propiedades químicas de los suelos de los parques de distrito de Carabayllo. De acuerdo con los resultados obtenidos en la Fig. Factores de probabilidad seminormales (Figura 18 hasta Figura 25)

El factor de respuesta a las propiedades químicas es significativo, el mismo análisis se confirma cuantitativamente en la Tabla 17 hasta la Tabla 24. El análisis de varianza (ANOVA) sobre el factor dosificación de aplicación de

carbón hidrotermal si la significación es $p < 0,05$. Así que se tomó en la investigación y la hipótesis nula fue rechazada.

6.2. Contrastación y de resultados con estudios similares

La investigación llevada a cabo abordó un enfoque causal al pertenecer al nivel explicativo. En este caso, logramos respaldar la hipótesis de investigación mediante la realización de un experimento, la observación de los resultados y su posterior sometimiento a pruebas estadísticas. A diferencia de los estudios relacionales, nuestra hipótesis se formuló de manera racional, basada en antecedentes de estudios previos. De esta manera, pudimos demostrar lo siguiente:

Con respecto a Wang (2022) el objetivo del estudio fue la obtención de carbón hidrotermal a una temperatura de trabajo de 260°C a partir de lodos residuales de plantas de tratamiento asistido por un horno microondas. Debido a la temperatura baja impidió la volatilización de compuestos de los lodos permitiendo la inmovilización de fósforo, nitrógeno, entre otros.

Con respecto a Solisor, (2021) el objetivo del estudio fue comparar los efectos del biocarbón del eucalipto en la calidad del suelo, se evaluaron las propiedades físicas y químicas del suelo y se encontró un aumento significativo del pH en el suelo tratado con 15 % de hidrocarbón en comparación con nuestro resultado estos reflejan un aumento 3.03% para el tratamiento con carbón hidrotermal al 2.5%, 0.25% para el tratamiento con carbón hidrotermal al 5% y 2.02% para el tratamiento con carbón hidrotermal al 7.5%. En conclusión, el biocarbón de eucalipto tiene un impacto significativo en la calidad del suelo mientras que para nuestra investigación nos muestran valores en aumento los cuales reflejan una mejora en la propiedad del suelo.

Con respecto a Zamora, (2020) se generó biochar de bambú mediante un proceso de pirólisis lenta, donde se emplearon tiempos de permanencia prolongados y un calentamiento gradual, con el propósito de priorizar la producción de biochar sobre otros subproductos de la pirólisis. El intervalo de temperatura durante el proceso osciló entre 400 y 530°C , con un tiempo de permanencia de 1.5 a 2.5 horas se observa que el rendimiento promedio

obtenido fue del 28.08%. Estos resultados se asemejan con nuestra tesis debido a que de 3 kg de lodos de una PTAR se produjo 1kg de carbón hidrotermal siendo este un rendimiento de 33.3% utilizando la misma variación de T° y tiempo de permanencia.

Con respecto a Zegarra, (2015) el propósito del estudio fue evaluar el impacto del biocarbón elaborado a partir de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación en la revitalización de los suelos áridos del distrito de Ancón. Usaron 3 tipos de dosificaciones (5%, 10% y 15%) en comparación con nuestra dosificación las que fueron 2.5, 5 y 7.5% de Carbón hidrotermal. Sus resultados significativos se evidencian en los parámetros CIC, P, K, MO% los cuales muestran varianza en aumentos al ser dosificadas en los suelos mientras que en los parámetros CE y pH no se aprecian variaciones significativas muy similares a nuestros resultados.

6.3. Responsabilidad ética

En el desarrollo de la presente investigación titulada DEL CARBÓN HIDROTERMAL DERIVADO DEL LODO DE UNA PTAR AEROBIA EN LAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL SUELO EN PARQUES DEL DISTRITO DE CARABAYLLO SECTOR 2, LIMA-2023", se ha prestado especial atención a la responsabilidad ética en todas las etapas del estudio. A continuación, se detallan las medidas tomadas para garantizar la integridad y el respeto hacia todas las partes involucradas:

Confidencialidad y anonimato: Todos los datos recopilados durante la investigación se han tratado de forma confidencial y se ha garantizado el anonimato de los participantes. Se ha utilizado códigos o identificadores para referirse a las muestras y los resultados, protegiendo así la privacidad de las personas involucradas.

Declaración de conflictos de interés: Se declara que no existen conflictos de interés que puedan sesgar los resultados o influir en la interpretación de los hallazgos. Los investigadores responsables han actuado de manera independiente y objetiva, sin vínculos financieros o personales que pudieran comprometer la imparcialidad del estudio.

Tratamiento ético de los suelos y recursos naturales: Se ha realizado un cuidadoso manejo de los suelos y se ha respetado su integridad ecológica. Se han seguido los protocolos establecidos para la recolección de muestras, minimizando cualquier daño o alteración en el entorno natural del Parque de Carabaylo. Asimismo, se han implementado medidas para garantizar la conservación y sostenibilidad de los recursos utilizados en el estudio.

Reconocimiento de fuentes y autorías: Se ha dado el debido reconocimiento a todas las fuentes consultadas, citando adecuadamente las referencias utilizadas en la elaboración de la tesis. Se ha respetado la propiedad intelectual y se ha evitado la apropiación indebida de ideas o resultados de otros investigadores.

Divulgación y comunicación responsable: Se asume el compromiso de divulgar y comunicar los resultados de manera responsable y precisa. Se evitará exagerar o distorsionar los hallazgos, garantizando una presentación clara y objetiva de los resultados obtenidos en el estudio.

En resumen, se ha tenido en cuenta la responsabilidad ética en todas las etapas de la investigación, los tesisistas señalamos que se cumple fielmente con el código de ética de investigación de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por RDU N° 210-2017-CU.

VII. CONCLUSIONES

- En esta investigación se pudo evaluar el efecto que genera la dosificación del carbón hidrotermal en las propiedades fisicoquímicas del suelo en los parques del distrito de Carabayllo. Los resultados demostraron que las diferentes dosis aplicadas de carbón hidrotermal tienen un nivel de significancia sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo y funciona como enmienda orgánica para la productividad de las plantas.
- Se determinó la caracterización de los suelos en los parques del Distrito de Carabayllo, observándose una baja calidad en las propiedades de humedad, CIC, Nitrógeno disponible, Potasio y materia orgánica.
- Se obtuvo que en las propiedades químicas del suelo existe una acción que mejorar en el caso de CIC para permite el flujo de iones, se comprobó el aumento del porcentaje de nitrógeno debido a la fuente de carbón hidrotermal es rico es este elemento, por lo tanto, el efecto estadístico fue significativo p- value es <0.0001 .
- Se logró determinar el efecto de las diferentes dosis de carbón hidrotermal como enmienda orgánica sobre las propiedades física del suelo los resultados demostraron que las propiedades físicas de los diferentes tratamientos tienen una diferencia significativa con las propiedades físicas del suelo sin tratamiento, esto quiere decir que el cambio de estas propiedades fisicoquímicas fue significativo con valores $p < 0.05$. Por lo tanto, se puede concluir que los parámetros físicos con un grado de significancia presentan un aporte al suelo como un mejorador de enmienda en suelos áridos de la zona costera del país. Los resultados principales revelaron que la dosificación de carbon hidrotermal al 7.5% fue la opción más efectiva para la enmienda de los suelos muestreados. Esto sugiere que esta dosificación particular tuvo un impacto significativo en las propiedades fisicoquímicas del suelo, mejorando su calidad y contribuyendo a su restauración.

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios adicionales: A pesar de los resultados prometedores obtenidos en este estudio, se recomienda llevar a cabo investigaciones adicionales para ampliar el conocimiento sobre el efecto del carbón hidrotermal en las propiedades fisicoquímicas del suelo. Estos estudios podrían considerar diferentes dosificaciones, las variaciones de temperatura de 180°C a 230 ° C la cual se elabora el carbón hidrotermal, las diversas fuentes de carbono que son obtenidas y evaluar la persistencia de los efectos a largo plazo y examinar otros parámetros relevantes para la salud y la productividad del suelo.
- Extender la investigación a otras áreas geográficas: Para comprender mejor la aplicabilidad y generalización de los resultados, se sugiere realizar investigaciones en diferentes zonas geográficas con diferentes características de suelo y condiciones ambientales. Esto permitirá determinar la efectividad del carbón hidrotermal en diversas situaciones y ampliar su potencial uso en la restauración de suelos en diferentes regiones.
- Investigar la viabilidad económica y ambiental: Además de evaluar el efecto del carbón hidrotermal en las propiedades del suelo, es importante considerar la viabilidad económica y ambiental de su producción y aplicación a gran escala. Se recomienda realizar estudios de costo-beneficio y análisis de ciclo de vida para evaluar la sostenibilidad y la viabilidad económica de esta enmienda orgánica.
- Transferencia de conocimientos y divulgación: Es esencial difundir los resultados de nuestra investigación a la comunidad científica, autoridades locales y profesionales relacionados con la gestión de suelos y parques. Puedes considerar la publicación de artículos científicos, la participación en conferencias y la colaboración con instituciones locales para promover la aplicación de esta tecnología y fomentar la mejora de los suelos en parques y áreas urbanas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABEL, S., PETERS, A., TRINKS, S., SCHONSKY, H., FACKLAM, M. y WESSOLEK, G., 2013. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. *Geoderma*, vol. 202, pp. 183-191. ISSN 0016-7061.
- ALORI, E.T., EMMANUEL, O.C., GLICK, B.R. y BABALOLA, O.O., 2020. Plant–archaea relationships: a potential means to improve crop production in arid and semi-arid regions. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 36, no. 9, pp. 1-10. ISSN 15730972. DOI 10.1007/s11274-020-02910-6.
- ANSELMO, F., FLORES, S. y DE REVISIÓN, A., 2019. Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos Epistemic Fundamentals of Qualitative and Quantitative Research: Consensus and Dissensus Fundamentos epistémicos da pesquisa qualitativa e quantitativa: consensos. , vol. 13, no. 1, pp. 102-122. ISSN 2223-2516. DOI 10.19083/ridu.2019.644.
- ASTO, E., 2017. *Efecto del biocarbón a base de excretas de cuy y cáscara de naranja en las propiedades físicas y químicas de los suelos áridos - Los Olivos, 2017*. S.I.: Universidad César Vallejo.
- ASTO TELLO, E.Y., 2017. Efecto del biocarbón a base de excretas de cuy y cáscara de naranja en las propiedades físicas y químicas de los suelos áridos-Los Olivos, 2017. ,
- AYANGBENRO, A.S. y BABALOLA, O.O., 2021. Reclamation of arid and semi-arid soils: The role of plant growth-promoting archaea and bacteria. *Current Plant Biology*, vol. 25, pp. 100173. ISSN 22146628. DOI 10.1016/j.cpb.2020.100173.
- BAUTISTA, A., ETCHEVERS, J., DEL CASTILLO, R. y GUTIERREZ, C., 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, vol. 13, pp. 90-97. ISSN 00068969.
- BUSCH, D., STARK, A., KAMMANN, C.I. y GLASER, B., 2013. Genotoxic and phytotoxic risk assessment of fresh and treated hydrochar from hydrothermal carbonization compared to biochar from pyrolysis. *Ecotoxicology and environmental safety*, vol. 97, pp. 59-66. ISSN 0147-6513.
- CASTILLO VILCA, M.Á., 2018. Aplicación de enmiendas orgánicas y microorganismos eficientes para la mejora de la calidad del suelo en el anexo 22–Jicamarca 2018. ,
- CZERWIŃSKA, K., ŚLIZ, M. y WILK, M., 2022. Hydrothermal carbonization process: Fundamentals, main parameter characteristics and possible applications including an effective method of SARS-CoV-2 mitigation in sewage sludge. A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], vol. 154, pp. 111873. ISSN 1364-0321. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111873>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121011400>.
- DONADO, H., 2019. Instrumentos de gestión de suelo: una estrategia para financiar el desarrollo urbano | WRI Mexico. *WEI México*.
- DORAN, J.W. y PARKIN, T.B., 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. *Defining and assessing soil quality*,
- EDOMAH, N., 2018. Economics of Energy Supply. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, DOI 10.1016/B978-0-12-409548-9.11713-0.
- EIBISCH, N., DURNER, W., BECHTOLD, M., FUSS, R., MIKUTTA, R., WOCHE, S.K. y HELFRICH, M., 2015. Does water repellency of pyrochars and hydrochars counter their positive effects on soil hydraulic properties? *Geoderma*, vol. 245, pp. 31-39. ISSN 0016-7061.
- EL-NAGGAR, A.H., USMAN, A.R.A., AL-OMRAN, A., OK, Y.S., AHMAD, M. y AL-WABEL, M.I., 2015. Carbon mineralization and nutrient availability in calcareous sandy soils amended with woody waste biochar. *Chemosphere*, vol. 138, pp. 67-73. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2015.05.052.
- FALCO, C., SEVILLA, M., WHITE, R.J., ROTHE, R. y TITIRICI, M., 2012. Renewable nitrogen-doped hydrothermal carbons derived from microalgae. *ChemSusChem*, vol. 5, no. 9, pp. 1834-1840. ISSN 1864-5631.
- FAO, 2007. *Secuestro de Carbono en tierras áridas*. S.I.: s.n. ISBN 9789253052301.

- FAO, 2009. Guía para la descripción de suelos. . S.I.:
- FAO, 2013. Manual de compostaje del agricultor. *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. S.I.:
- FAO, 2015. Las funciones del suelo. .
- FAO, 2021. Propiedades Físicas del Suelo. *Portal de Suelos de la FAO*.
- FAO y MADS, 2018. *Guía de buenas prácticas para la Gestión y uso sostenible de los suelos*. S.I.: s.n. ISBN 9789251304259.
- FARID, I.M., SIAM, H.S., ABBAS, M.H.H., MOHAMED, I., MAHMOUD, S.A., TOLBA, M., ABBAS, H.H., YANG, X., ANTONIADIS, V., RINKLEBE, J. y SHAHEEN, S.M., 2022. Co-composted biochar derived from rice straw and sugarcane bagasse improved soil properties, carbon balance, and zucchini growth in a sandy soil: A trial for enhancing the health of low fertile arid soils. *Chemosphere* [en línea], vol. 292, pp. 133389. ISSN 0045-6535. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133389>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521038637>.
- GAMBOA ROMERO, J.L., 2021. Producción y aplicación de biocarbón a partir de biomasa residual para mejorar la calidad de suelos agrícolas. Revisión sistemática, 2020. ,
- GASKIN, J.W., SPEIR, R.A., HARRIS, K., DAS, K.C., LEE, R.D., MORRIS, L.A. y FISHER, D.S., 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. *Agronomy journal*, vol. 102, no. 2, pp. 623-633. ISSN 0002-1962.
- GAUTAM, R.K., GOSWAMI, M., MISHRA, R.K., CHATURVEDI, P., AWASHTHI, M.K., SINGH, R.S., GIRI, B.S. y PANDEY, A., 2021. Biochar for remediation of agrochemicals and synthetic organic dyes from environmental samples: A review. *Chemosphere*, vol. 272, pp. 129917. ISSN 0045-6535.
- GLAZUNOVA, D., KURYNTSEVA, P., SELIVANOVSKAYA, S. y GALITSKAYA, P., 2018. Assessing the Potential of Using Biochar as a Soil Conditioner. *Earth and Environmental Science*, vol. 107. DOI 10.1088/1755-1315/107/1/012059.
- GRANADOS-SÁNCHEZ, D., HERNÁNDEZ-GARCÍA, M.Á., VÁZQUEZ-ALARCÓN, A. y RUÍZ-PUGA, P., 2013. LOS PROCESOS DE DESERTIFICACIÓN Y LAS REGIONES ÁRIDAS. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. XIX, no. 1, pp. 45-66. ISSN 20073828. DOI 10.5154/r.rchscfa.2011.10.077.
- GUERRA, E., SANCHO, V. y VILLAVICENCIO, F., 2008. Suelo Árido. *Agroned: El portal Agrícola Mexicano*.
- HE, C., GIANNIS, A. y WANG, J.-Y., 2013. Conversion of sewage sludge to clean solid fuel using hydrothermal carbonization: hydrochar fuel characteristics and combustion behavior. *Applied Energy*, vol. 111, pp. 257-266. ISSN 0306-2619.
- HE, Z.L., YANG, X.E. y BALIGAR, V.C., 2003. Microbiological and biochemical indexing systems for assessing acid soil quality. ,
- HU, J., ZHAO, L., LUO, J., GONG, H. y ZHU, N., 2022. -A Sustainable Reuse Strategy of Converting Waste Activated Sludge Into Biochar for Contaminants Removal From Water: Modifications, Applications and Perspectives. *Journal of Hazardous Materials*, pp. 129437. ISSN 0304-3894.
- IRFAN, M., HUSSAIN, Q., KHAN, K.S., AKMAL, M., IJAZ, S.S., HAYAT, R., KHALID, A., AZEEM, M. y RASHID, M., 2019. Response of soil microbial biomass and enzymatic activity to biochar amendment in the organic carbon deficient arid soil: a 2-year field study. *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 12, no. 3. ISSN 18667538. DOI 10.1007/s12517-019-4239-x.
- JAIN, A., BALASUBRAMANIAN, R. y SRINIVASAN, M.P., 2015. Tuning hydrochar properties for enhanced mesopore development in activated carbon by hydrothermal carbonization. *Microporous and Mesoporous Materials*, vol. 203, pp. 178-185. ISSN 1387-1811.
- KAMBO, H.S. y DUTTA, A., 2014. Strength, storage, and combustion characteristics of densified lignocellulosic biomass produced via torrefaction and hydrothermal carbonization. *Applied Energy*, vol. 135, pp. 182-191. ISSN 0306-2619.
- KHADEM, A. y RAIESI, F., 2017. Responses of microbial performance and community to corn biochar in calcareous sandy and clayey soils. *Applied Soil Ecology*, vol. 114, pp. 16-27. ISSN 09291393. DOI 10.1016/j.apsoil.2017.02.018.

- LIBRA, J.A., RO, K.S., KAMMANN, C., FUNKE, A., BERGE, N.D., NEUBAUER, Y., TITIRICI, M.-M., FÜHNER, C., BENS, O. y KERN, J., 2011. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. *Biofuels*, vol. 2, no. 1, pp. 71-106. ISSN 1759-7269.
- LIU, F., YU, R. y GUO, M., 2017. Hydrothermal carbonization of forestry residues: influence of reaction temperature on holocellulose-derived hydrochar properties. *Journal of Materials Science*, vol. 52, pp. 1736-1746. ISSN 0022-2461.
- LÓPEZ, A., 2006. Manual De Edafología. ,
- MAITI, S.K. y AHIRWAL, J., 2019. Ecological Restoration of Coal Mine Degraded Lands: Topsoil Management, Pedogenesis, Carbon Sequestration, and Mine Pit Limnology. *Phytomanagement of Polluted Sites: Market Opportunities in Sustainable Phytoremediation*. S.I.: Elsevier, pp. 83-111. ISBN 9780128139134.
- MALGHANI, S., JÜSCHKE, E., BAUMERT, J., THUILLE, A., ANTONIETTI, M., TRUMBORE, S. y GLEIXNER, G., 2015. Carbon sequestration potential of hydrothermal carbonization char (hydrochar) in two contrasting soils; results of a 1-year field study. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 51, pp. 123-134. ISSN 0178-2762.
- MALYAN, S.K., KUMAR, S.S., FAGODIYA, R.K., GHOSH, P., KUMAR, A., SINGH, R. y SINGH, L., 2021. Biochar for environmental sustainability in the energy-water-agroecosystem nexus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 149, no. June, pp. 111379. ISSN 18790690. DOI 10.1016/j.rser.2021.111379.
- MINAM, 2010. La desertificación en el Perú. . S.I.:
- MINAM, 2014. Guia para el muestreo de suelos . . S.I.:
- MINAM, 2016. *Decreto Legislativo que prueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. 2016. Perú: s.n.
- MINAMBIENTE, 2016. *Política para la Gestión Sostenible del Suelo*. 2016. S.I.: s.n. ISBN 9789588901244.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2017. Día Mundial de Lucha contra la Desertificación y la Sequía - Gobierno del Perú. .
- MUÑOZ, C., 2015. *Metodología de la Investigación*. Mexico: Oxford. ISBN 9786074265422.
- NEMATIAN, M., KESKE, C. y NG'OMBE, J.N., 2021. A techno-economic analysis of biochar production and the bioeconomy for orchard biomass. *Waste Management*, vol. 135, pp. 467-477. ISSN 0956-053X. DOI 10.1016/J.WASMAN.2021.09.014.
- RAJ, A., YADAV, A., ARYA, S., SIROHI, R., KUMAR, S., RAWAT, A.P., THAKUR, R.S., PATEL, D.K., BAHADUR, L. y PANDEY, A., 2021. Preparation, characterization and agri applications of biochar produced by pyrolysis of sewage sludge at different temperatures. *Science of The Total Environment*, vol. 795, pp. 148722. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2021.148722.
- REYNOLDS, J., MAESTRE, F., HUBER-SANNWALD, E., HERRICK, J. y KEMP, P., 2005. Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, vol. 14, no. 3, pp. 3-21. ISSN 1132-6344. DOI 10.7818/re.2014.14-3.00.
- REZA, M.T., ROTTLE, E., HERKLOTZ, L. y WIRTH, B., 2015. Hydrothermal carbonization (HTC) of wheat straw: Influence of feedwater pH prepared by acetic acid and potassium hydroxide. *Bioresource technology*, vol. 182, pp. 336-344. ISSN 0960-8524.
- RILLIG, M.C., WAGNER, M., SALEM, M., ANTUNES, P.M., GEORGE, C., RAMKE, H.-G., TITIRICI, M.-M. y ANTONIETTI, M., 2010. Material derived from hydrothermal carbonization: effects on plant growth and arbuscular mycorrhiza. *Applied Soil Ecology*, vol. 45, no. 3, pp. 238-242. ISSN 0929-1393.
- RODRÍGUEZ- VARGAS, D.F., CERO-GONZÁLES, A., OLIVARES-MARTINEZ, L.D. y BOBADILLLA-BALLESTEROS, M.D., 2020. Manual de evaluación de suelos. . México:
- SAMPIERI, R., FÉRNANDEZ, C. y BAPTISTA, M., 2014. *Metodología de la investigación*. Sexta edic. Bogotá: s.n. ISBN9781456223960.
- SEVILLA, M. y FUERTES, A.B., 2009. The production of carbon materials by hydrothermal carbonization of cellulose. *Carbon*, vol. 47, no. 9, pp. 2281-2289. ISSN 0008-6223.
- SOLISOR, L.T., 2021. *Efecto del biochar del Eucalipto en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del Rabanito - Huaánuco 2020*. Huánuco: Universidad de Huánuco.

- VILLAGRA-MENDOZA, K. y HORN, R., 2018. Effect of biochar addition on hydraulic functions of two textural soils. *Geoderma*, vol. 326, no. April, pp. 88-95. ISSN 00167061. DOI 10.1016/j.geoderma.2018.03.021.
- WANG, L., CHANG, Y. y LI, A., 2019. Hydrothermal carbonization for energy-efficient processing of sewage sludge: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], vol. 108, pp. 423-440. ISSN 1364-0321. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.011>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119302230>.
- WANG, T., ZHAI, Y., ZHU, Y., LI, C. y ZENG, G., 2018. A review of the hydrothermal carbonization of biomass waste for hydrochar formation: Process conditions, fundamentals, and physicochemical properties. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 90, pp. 223-247. ISSN 1364-0321.
- WHITFORD, W.G. y DUVAL, B.D., 2020. Desertification. *Ecology of Desert Systems*, pp. 371-395. DOI 10.1016/B978-0-12-815055-9.00012-6.
- WIESMAN, Z., 2009. Economic aspects of desert olive oil cultivation. *Desert Olive Oil Cultivation*. S.I.: Academic Press, pp. 355-365. ISBN 978-0-12-374257-5.
- ZAMORA, G., 2020. *El biochar de guadua angustifolia kunth procedente de los residuos del aprovechamiento de plantaciones forestales como enmienda orgánica para el suelo*. S.I.: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- ZEGARRA, S., 2015. *Uso de biocarbón elaborado con vísceras de pescados y lodos de lagunas de oxidación para el mejoramiento de suelos áridos del distrito de Ancón – Lima - Perú*. S.I.: Universidad César Vallejo.
- ZHANG, H., CHEN, C., GRAY, E.M. y BOYD, S.E., 2017. Effect of feedstock and pyrolysis temperature on properties of biochar governing end use efficacy. *Biomass and Bioenergy*, vol. 105, pp. 136-146. ISSN 0961-9534. DOI 10.1016/J.BIOMBIOE.2017.06.024.
- ZHANG, S., ZHU, X., ZHOU, S., SHANG, H., LUO, J. y TSANG, D.C.W., 2019. Chapter 15 - Hydrothermal Carbonization for Hydrochar Production and Its Application. En: Y.S. OK, D.C.W. TSANG, N. BOLAN y J.M.B.T.-B. from B. and W. NOVAK (eds.) [en línea]. S.I.: Elsevier, pp. 275-294. ISBN 978-0-12-811729-3. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012811729300015>

9.1. ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

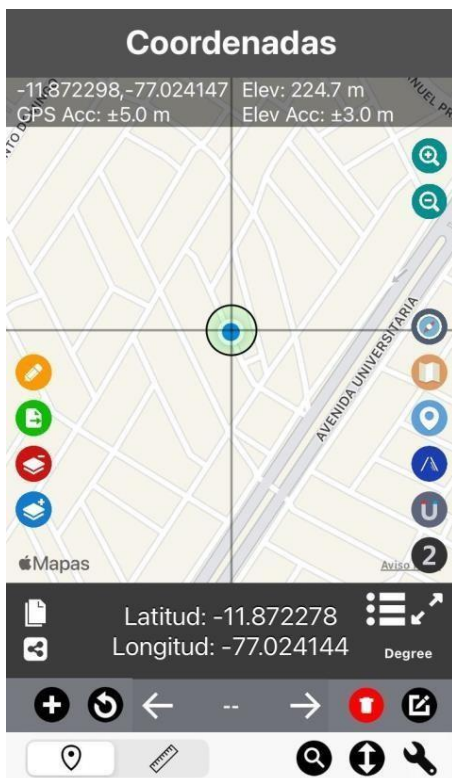
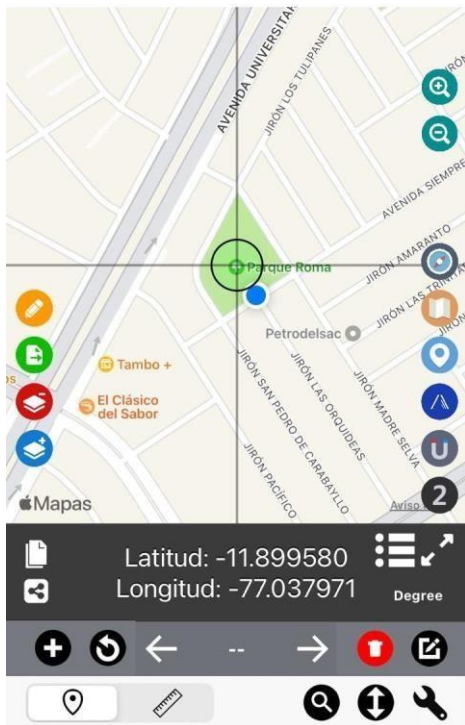
EFFECTO DEL CARBÓN HIDROTHERMAL DERIVADO DEL LODO DE UNA PTAR AEROBIA EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN PARQUES DEL DISTRITO DE CARABAYLLO, LIMA-2023.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo general	Hipótesis general				Tipo: Aplicada
¿El efecto del carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo en parques del distrito de Carabayllo-Sector 2, Lima 2023?	Evaluar el efecto del carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia en las propiedades fisicoquímicas del suelo en parques del distrito de Carabayllo, Sector 2 Lima, 2023.	El carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia tiene un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en parques del distrito de Carabayllo, Sector 2 Lima, 2023.	Variable1: Carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR	Dosificación de carbón hidrotermal	Dosis de carbón hidrotermal /suelo:2,5%	Nivel: Explicativo
					Dosis de carbón hidrotermal /suelo:5%	Método: Hipotético-deductivo
					Dosis de carbón hidrotermal /suelo: 7.5%	Diseño: Experimental
						Enfoque: Cuantitativo
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		Propiedades Físicas	Humedad	Instrumentos: Fichas
¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas de los suelos en parques del distrito de Carabayllo?	Caracterizar de las propiedades fisicoquímicas de los suelos en parques del distrito de Carabayllo.	El carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia tiene un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en parques del distrito de Carabayllo - Sector 2, Lima-2023.				Población: 539 parques
¿Cuáles son los efectos de la dosificación de carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia en las propiedades físico-químicas del suelo?	Determinar el efecto de la dosificación de carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia en las propiedades físico-químicas del suelo.	Las propiedades fisicoquímicas impactan significativamente en los suelos de los parques del distrito de Carabayllo.	Variable2:Propiedades fisicoquímicas	Propiedades Químicas	pH del suelo Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) meq/100g Conductividad eléctrica Materia orgánica Concentración de N,P y K %	Muestra: 17 parques
¿Cuál es el nivel de efectividad de la dosificación del carbón hidrotermal en las propiedades físico-químicas que contribuyan en la mejora de los suelos?	Determinar el nivel de efectividad de cada dosificación del carbón hidrotermal en las propiedades físico-químicas que contribuyan en la mejora de los suelos.	El efecto de la dosificación de carbón hidrotermal derivado del lodo de una PTAR aerobia influye en las propiedades físico-químicas del suelo.				Prueba Estadística: Design Expert software versión11
		La efectividad de la dosificación del carbón hidrotermal en las propiedades físico-químicas contribuyen en la mejora de los suelos.				

Anexo 2 Registro fotográfico de la toma de muestra de lodos residuales de Planta de Tratamiento San Antonio de Carapongo



Anexo 3 Registro fotográfico de la toma de muestra de los suelos en los parques del distrito de Carabaylo.





Anexo 4 Registro fotográfico de producción de carbón hidrotermal





Anexo 5 Resultados de los suelos muestreados (análisis del laboratorio)



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS
S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2023-0471-01

1. DATOS DEL CLIENTE

- 1.1 Cliente : CARLOS CHÁVEZ CAVAGLIA
1.2 RUC o DNI : 48177416
1.3 Dirección : No Precisa

2. DATOS DE LA MUESTRA

- 2.1 Producto : SUELOS (PARQUE)
2.2 Muestreado por : CLIENTE (4)
2.3 Número de Muestras : 01
2.4 Fecha de Recepción : 2023-05-19
2.5 Período de Ensayo : 2023-05-19 al 2023-05-24
2.6 Fecha de Emisión : 2023-05-26

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Potencial de hidrógeno (pH)	Relación 1:2 Agua-Suelo (Potenciometría)
Conductividad	Relación 1:2 Agua-Suelo (Electrométrico)
Humedad	NOM-021-RECNAT-2000 AS-05; ítem 7.1.5 / AS 05 Contenido de humedad del suelo.
Materia Orgánica (MO)	Walkley Black (Volumetría Redox)
Nitrógeno Total	Digestión Kjeldahl
Fósforo Disponible (P)	Olsen modificado (UV Visible)
Fósforo Disponible (P)	Acetato de Amonio 1N (Absorción Atómica)
Textura, Arena, Limo, Arcilla	Hidrómico - Bouyoucos
Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.	Acetato de Amonio 1N (Volumetría)
Cationes cambiables: (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺)	Acetato de Amonio 1N (Absorción Atómica)

KATHERINE
CORAL PERALTA
Ingeniera Química
CIP N° 276377

Jefe de Laboratorio

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

4. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Descripción de Muestra: SUELOS (PARQUE)
C OMP 1^(c)

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	Resultados
S-1061	Potencial de hidrógeno (pH) (1:2)	unidad PH	7.86
	Conductividad (1:2)	uS/cm	3034.00
	Humedad	%	6.90
	Materia Orgánica (MO)	%	1.31
	Nitrógeno Total	mg/Kg	654.24
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	200.84
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	259.08
	Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.	meq/100g	20.87
	Ca ²⁺	meq/100g	16.99
	K ⁺	meq/100g	0.61
	Mg ²⁺	meq/100g	2.15
	Na ⁺	meq/100g	0.43
	Arena	%	47.53
	Arcilla	%	22.49
	Limo	%	29.99
	Textura	Sin Unidad	FRANCO

^(c) Información suministrada por el cliente.

FIN DE DOCUMENTO

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

**INFORME DE ENSAYO
IE-2023-0471-02**

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : CARLOS CHÁVEZ CAVAGLIA
1.2 RUC o DNI : 48177416
1.3 Dirección : No Precisa

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : SUELOS (PARQUE)
2.2 Muestreado por : CLIENTE (c)
2.3 Número de Muestras : 01
2.4 Fecha de Recepción : 2023-05-19
2.5 Período de Ensayo : 2023-05-19 al 2023-05-24
2.6 Fecha de Emisión : 2023-05-26

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Potencial de hidrógeno (pH)	Relación 1:2 Agua-Suelo (Potenciometría)
Conductividad	Relación 1:2 Agua-Suelo (Electrométrico)
Humedad	NOM-021-RECNAT-2000 AS-05; ítem 7.1.5 / AS 05 Contenido de humedad del suelo.
Materia Orgánica (MO)	Walkley Black (Volumetría Redox)
Nitrógeno Total	Digestión Kjeldahl
Fósforo Disponible (P)	Olsen modificado (UV Visible)
Fósforo Disponible (P)	Acetato de Amonio 1N (Absorción Atómica)
Textura, Arena, Limo, Arcilla	Hidrómico - Bouyoucos
Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.	Acetato de Amonio 1N (Volumetría)
Cationes cambiables: (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺)	Acetato de Amonio 1N (Absorción Atómica)



KATHERINE
CORAL PERALTA
Ingeniera Química
CIP N° 276377

Jefe de Laboratorio

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

4. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Descripción de Muestra: SUELOS (PARQUE)
C OMP 2 ^(c)

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	Resultados
S-1062	Potencial de hidrógeno (pH) (1:2)	unidad PH	7.89
	Conductividad (1:2)	uS/cm	1833.00
	Humedad	%	5.84
	Materia Orgánica (MO)	%	1.11
	Nitrógeno Total	mg/Kg	554.14
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	29.70
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	220.62
	Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.	meq/100g	19.96
	Ca ²⁺	meq/100g	16.59
	K ⁺	meq/100g	0.61
	Mg ²⁺	meq/100g	2.20
	Na ⁺	meq/100g	0.42
	Arena	%	57.53
	Arcilla	%	19.99
	Limo	%	22.48
	Textura	Sin Unidad	FRANCO ARENOSO

^(c) Información suministrada por el cliente.

FIN DE DOCUMENTO

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

**INFORME DE ENSAYO
IE-2023-0471-03**

1. DATOS DEL CLIENTE

- 1.1 Cliente : CARLOS CHÁVEZ CAVAGLIA
1.2 RUC o DNI : 48177416
1.3 Dirección : No Precisa

2. DATOS DE LA MUESTRA

- 2.1 Producto : SUELOS (PARQUE)
2.2 Muestreado por : CLIENTE (c)
2.3 Número de Muestras : 01
2.4 Fecha de Recepción : 2023-05-19
2.5 Período de Ensayo : 2023-05-19 al 2023-05-24
2.6 Fecha de Emisión : 2023-05-26

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Potencial de hidrógeno (pH)	Relación 1:2 Agua-Suelo (Potenciometría)
Conductividad	Relación 1:2 Agua-Suelo (Electrométrico)
Humedad	NOM-021-RECNAT-2000 AS-05; ítem 7.1.5 / AS 05 Contenido de humedad del suelo.
Materia Orgánica (MO)	Walkley Black (Volumetría Redox)
Nitrógeno Total	Digestión Kjeldahl
Fósforo Disponible (P)	Olsen modificado (UV Visible)
Fósforo Disponible (P)	Acetato de Amonio 1N (Absorción Atómica)
Textura, Arena, Limo, Arcilla	Hidrómico - Bouyoucos
Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.	Acetato de Amonio 1N (Volumetría)
Cationes cambiabiles: (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺)	Acetato de Amonio 1N (Absorción Atómica)



KATHERINE
CORAL PERALTA
Ingeniera Química
CIP N° 276377

Jefe de Laboratorio

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

4. RESULTADOS
4.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Descripción de Muestra: SUELOS (PARQUE)
C OMP 3^(c)

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	Resultados
S-1063	Potencial de hidrógeno (pH) (1:2)	unidad PH	7.94
	Conductividad (1:2)	uS/cm	2097.00
	Humedad	%	8.78
	Materia Orgánica (MO)	%	1.07
	Nitrógeno Total	mg/Kg	536.28
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	48.24
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	268.62
	Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.	meq/100g	20.00
	Ca ²⁺	meq/100g	15.38
	K ⁺	meq/100g	0.91
	Mg ²⁺	meq/100g	2.52
	Na ⁺	meq/100g	0.46
	Arena	%	50.02
	Arcilla	%	27.49
	Limo	%	22.49
	Textura	Sin Unidad	FRANCO ARCILLOSA- ARENOSA

^(c) Información suministrada por el cliente.

FIN DE DOCUMENTO

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

INFORME DE ENSAYO IE-2023-0471-03

4. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Descripción de Muestra: SUELOS (PARQUE)
C OMP 3^(c)

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	Resultados
S-1063	Potencial de hidrógeno (pH) (1:2)	unidad PH	7.94
	Conductividad (1:2)	uS/cm	2097.00
	Humedad	%	8.78
	Materia Orgánica (MO)	%	1.07
	Nitrógeno Total	mg/Kg	536.28
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	48.24
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	268.62
	Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.	meq/100g	20.00
	Ca ²⁺	meq/100g	15.38
	K ⁺	meq/100g	0.91
	Mg ²⁺	meq/100g	2.52
	Na ⁺	meq/100g	0.46
	Arena	%	50.02
	Arcilla	%	27.49
	Limo	%	22.49
	Textura	Sin Unidad	FRANCO ARCILLOSA- ARENOSA

^(c) Información suministrada por el cliente.

FIN DE DOCUMENTO

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

**INFORME DE ENSAYO
IE-2023-0471-04**

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : CARLOS CHÁVEZ CAVAGLIA
1.2 RUC o DNI : 48177416
1.3 Dirección : No Precisa

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : SUELOS (PARQUE)
2.2 Muestreado por : CLIENTE (C)
2.3 Número de Muestras : 01
2.4 Fecha de Recepción : 2023-05-19
2.5 Período de Ensayo : 2023-05-19 al 2023-05-24
2.6 Fecha de Emisión : 2023-05-26

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Potencial de hidrógeno (pH)	Relación 1:2 Agua-Suelo (Potenciometría)
Conductividad	Relación 1:2 Agua-Suelo (Electrométrico)
Humedad	NOM-021-RECNAT-2000 AS-05; ítem 7.1.5 / AS 05 Contenido de humedad del suelo.
Materia Orgánica (MO)	Walkley Black (Volumetría Redox)
Nitrógeno Total	Digestión Kjeldahl
Fósforo Disponible (P)	Olsen modificado (UV Visible)
Fósforo Disponible (P)	Acetato de Amonio 1N (Absorción Atómica)
Textura, Arena, Limo, Arcilla	Hidrómico - Bouyoucos
Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.	Acetato de Amonio 1N (Volumetría)
Cationes cambiables: (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺)	Acetato de Amonio 1N (Absorción Atómica)



KATHERINE
CORAL PERALTA
Ingeniera Química
CIP Nº 276377

Jefe de Laboratorio

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

4. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Descripción de Muestra: SUELOS (PARQUE)
C OMP 4 ^(c)

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	Resultados
S-1064	Potencial de hidrógeno (pH) (1:2)	unidad PH	8.01
	Conductividad (1:2)	uS/cm	1011.00
	Humedad	%	6.78
	Materia Orgánica (MO)	%	1.21
	Nitrógeno Total	mg/Kg	603.07
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	38.95
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	257.64
	Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.	meq/100g	17.79
	Ca ²⁺	meq/100g	14.36
	K ⁺	meq/100g	0.59
	Mg ²⁺	meq/100g	2.28
	Na ⁺	meq/100g	0.24
	Arena	%	67.50
	Arcilla	%	17.50
	Limo	%	15.00
	Textura	Sin Unidad	FRANCO ARENOSO

^(c) Información suministrada por el cliente.

FIN DE DOCUMENTO

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

**INFORME DE ENSAYO
IE-2023-0912**

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : CARLOS CHÁVEZ CAVAGLIA
1.2 RUC o DNI : 48177416
1.3 Dirección : No Precisa

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : SUELOS (PARQUE)
2.2 Muestreado por : CLIENTE (c)
2.3 Número de Muestras : 12
2.4 Fecha de Recepción : 2023-07-18
2.5 Período de Ensayo : 2023-07-18 al 2023-07-24
2.6 Fecha de Emisión : 2023-07-25
2.7 Fecha y Hora de Muestreo : No Indica
2.8 N° de cotización : COT-112420-SL23

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Potencial de hidrógeno (pH)	Relación 1:2 Agua-Suelo (Potenciometría)
Conductividad	Relación 1:2 Agua-Suelo (Electrométrico)
Humedad	NOM-021-RECNAT-2000 AS-05; Item 7.1.5 / AS 05 Contenido de humedad del suelo.
Materia Orgánica (MO)	Walkley Black (Volumetría Redox)
Nitrógeno Total	Digestión Kjeldahl
Fósforo Disponible (P)	Olsen modificado (UV Visible)
Potasio Disponible (K)	Acetato de Amonio 1N (Absorción Atómica)
Textura, Arena, Limo, Arcilla	Hidrométrico - Bouyoucos
Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.	Acetato de Amonio 1N (Volumetría)
Cationes cambiables: (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺)	Acetato de Amonio 1N (Absorción Atómica)



KATHERINE
CORAL PERALTA
Ingeniera Química
CIP N° 276377

Jefe de Laboratorio

4. RESULTADOS
4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:

Código de Laboratorio	Descripción de muestras
S-1587	ZONA "A" 2.5 % C (c)
S-1588	ZONA "A" 5 % C (c)
S-1589	ZONA "A" 7.5 % C (c)
S-1590	ZONA "B" 2.5 % C (c)
S-1591	ZONA "B" 5 % C (c)
S-1592	ZONA "B" 7.5 % C (c)
S-1593	ZONA "C" 2.5 % C (c)
S-1594	ZONA "C" 5 % C (c)
S-1595	ZONA "C" 7.5 % C (c)
S-1596	ZONA "D" 2.5 % C (c)
S-1597	ZONA "D" 5 % C (c)
S-1598	ZONA "D" 7.5 % C (c)

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA S-1587

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1587	Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad pH	0.10	7.79
	Conductividad	µS/cm	0.10	3379.00
	Humedad	%	N.A.	3.43
	Materia Orgánica	%	N.A.	4.14
	Nitrógeno Total	mg/Kg	N.A.	2068.55
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	0.10	97.85
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	N.A.	213.32
	ARENA	%	N.A.	68.98
	ARCILLA	%	N.A.	19.85
	LIMO	%	N.A.	11.17
	TEXTURA	Sin Unidad	N.A.	FRANCO ARENOSO
	CIC	meq/100g	N.A.	28.50
	Calcio Cambiable, Ca	meq/100g	N.A.	22.71
	Potasio Cambiable, K	meq/100g	N.A.	1.20
	Magnesio Cambiable, Mg	meq/100g	N.A.	2.88
	Sodio Cambiable, Na	meq/100g	N.A.	1.65

INFORME DE ENSAYO IE-2023-0912

Tabla N°2: RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA S-1588

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1588	Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad pH	0.10	7.68
	Conductividad	µS/cm	0.10	3470.00
	Humedad	%	N.A.	2.84
	Materia Orgánica	%	N.A.	6.19
	Nitrógeno Total	mg/Kg	N.A.	3095.52
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	0.10	118.22
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	N.A.	211.11
	ARENA	%	N.A.	72.84
	ARCILLA	%	N.A.	18.52
	LIMO	%	N.A.	8.64
	TEXTURA	Sin Unidad	N.A.	FRANCO ARCILLOSO ARENOSO
	CIC	meq/100g	N.A.	28.64
	Calcio Cambiable, Ca	meq/100g	N.A.	22.43
	Potasio Cambiable, K	meq/100g	N.A.	1.30
	Magnesio Cambiable, Mg	meq/100g	N.A.	3.12
Sodio Cambiable, Na	meq/100g	N.A.	1.72	

Tabla N°3: RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA S-1589

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1589	Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad pH	0.10	7.66
	Conductividad	µS/cm	0.10	3485.00
	Humedad	%	N.A.	3.47
	Materia Orgánica	%	N.A.	6.30
	Nitrógeno Total	mg/Kg	N.A.	3147.50
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	0.10	158.84
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	N.A.	218.10
	ARENA	%	N.A.	71.38
	ARCILLA	%	N.A.	18.66
	LIMO	%	N.A.	9.95
	TEXTURA	Sin Unidad	N.A.	FRANCO ARCILLOSO ARENOSO
	CIC	meq/100g	N.A.	28.17
	Calcio Cambiable, Ca	meq/100g	N.A.	21.95
	Potasio Cambiable, K	meq/100g	N.A.	1.32
	Magnesio Cambiable, Mg	meq/100g	N.A.	3.12
Sodio Cambiable, Na	meq/100g	N.A.	1.73	

INFORME DE ENSAYO IE-2023-0912

Tabla N°4: RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA S-1590

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1590	Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad pH	0.10	7.80
	Conductividad	μS/cm	0.10	2338.00
	Humedad	%	N.A.	2.55
	Materia Orgánica	%	N.A.	4.32
	Nitrógeno Total	mg/Kg	N.A.	2159.26
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	0.10	91.45
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	N.A.	122.30
	ARENA	%	N.A.	72.74
	ARCILLA	%	N.A.	19.82
	LIMO	%	N.A.	7.43
	TEXTURA	Sin Unidad	N.A.	FRANCO ARCILLOSO ARENOSO
	CIC	meq/100g	N.A.	23.71
	Calcio Cambiable, Ca	meq/100g	N.A.	19.14
	Potasio Cambiable, K	meq/100g	N.A.	0.75
	Magnesio Cambiable, Mg	meq/100g	N.A.	2.35
Sodio Cambiable, Na	meq/100g	N.A.	1.41	

Tabla N°5: RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA S-1591

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1591	Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad pH	0.10	7.77
	Conductividad	μS/cm	0.10	2499.00
	Humedad	%	N.A.	2.55
	Materia Orgánica	%	N.A.	3.78
	Nitrógeno Total	mg/Kg	N.A.	1888.09
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	0.10	100.18
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	N.A.	126.59
	ARENA	%	N.A.	72.75
	ARCILLA	%	N.A.	19.82
	LIMO	%	N.A.	7.43
	TEXTURA	Sin Unidad	N.A.	FRANCO ARCILLOSO ARENOSO
	CIC	meq/100g	N.A.	22.49
	Calcio Cambiable, Ca	meq/100g	N.A.	18.05
	Potasio Cambiable, K	meq/100g	N.A.	0.76
	Magnesio Cambiable, Mg	meq/100g	N.A.	2.27
Sodio Cambiable, Na	meq/100g	N.A.	1.35	

INFORME DE ENSAYO IE-2023-0912
Tabla N°6: RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA S-1592

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1592	Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad pH	0.10	7.64
	Conductividad	μS/cm	0.10	2896.00
	Humedad	%	N.A.	2.56
	Materia Orgánica	%	N.A.	6.22
	Nitrógeno Total	mg/Kg	N.A.	3109.67
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	0.10	155.27
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	N.A.	136.60
	ARENA	%	N.A.	75.14
	ARCILLA	%	N.A.	19.89
	LIMO	%	N.A.	4.97
	TEXTURA	Sin Unidad	N.A.	FRANCO ARCILLOSO ARENOSO
	CIC	meq/100g	N.A.	23.91
	Calcio Cambiable, Ca	meq/100g	N.A.	18.81
	Potasio Cambiable, K	meq/100g	N.A.	0.89
	Magnesio Cambiable, Mg	meq/100g	N.A.	2.57
	Sodio Cambiable, Na	meq/100g	N.A.	1.58

Tabla N°7: RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA S-1593

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1593	Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad pH	0.10	7.86
	Conductividad	μS/cm	0.10	2360.00
	Humedad	%	N.A.	2.50
	Materia Orgánica	%	N.A.	3.44
	Nitrógeno Total	mg/Kg	N.A.	1717.59
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	0.10	102.58
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	N.A.	162.25
	ARENA	%	N.A.	71.42
	ARCILLA	%	N.A.	21.12
	LIMO	%	N.A.	7.45
	TEXTURA	Sin Unidad	N.A.	FRANCO ARCILLOSO ARENOSO
	CIC	meq/100g	N.A.	22.64
	Calcio Cambiable, Ca	meq/100g	N.A.	17.51
	Potasio Cambiable, K	meq/100g	N.A.	1.06
	Magnesio Cambiable, Mg	meq/100g	N.A.	2.70
	Sodio Cambiable, Na	meq/100g	N.A.	1.30

INFORME DE ENSAYO IE-2023-0912

Tabla N°8: RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA S-1594

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1594	Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad pH	0.10	7.86
	Conductividad	μS/cm	0.10	2593.00
	Humedad	%	N.A.	2.65
	Materia Orgánica	%	N.A.	4.75
	Nitrógeno Total	mg/Kg	N.A.	2377.37
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	0.10	132.83
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	N.A.	165.77
	ARENA	%	N.A.	70.29
	ARCILLA	%	N.A.	22.28
	LIMO	%	N.A.	7.43
	TEXTURA	Sin Unidad	N.A.	FRANCO ARCILLOSO ARENOSO
	CIC	meq/100g	N.A.	22.81
	Calcio Cambiable, Ca	meq/100g	N.A.	17.51
	Potasio Cambiable, K	meq/100g	N.A.	1.13
	Magnesio Cambiable, Mg	meq/100g	N.A.	2.74
Sodio Cambiable, Na	meq/100g	N.A.	1.38	

Tabla N°9: RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA S-1595

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1595	Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad pH	0.10	7.76
	Conductividad	μS/cm	0.10	2807.00
	Humedad	%	N.A.	2.57
	Materia Orgánica	%	N.A.	5.05
	Nitrógeno Total	mg/Kg	N.A.	2523.02
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	0.10	152.44
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	N.A.	185.33
	ARENA	%	N.A.	70.23
	ARCILLA	%	N.A.	22.33
	LIMO	%	N.A.	7.44
	TEXTURA	Sin Unidad	N.A.	FRANCO ARCILLOSO ARENOSO
	CIC	meq/100g	N.A.	22.75
	Calcio Cambiable, Ca	meq/100g	N.A.	17.18
	Potasio Cambiable, K	meq/100g	N.A.	1.18
	Magnesio Cambiable, Mg	meq/100g	N.A.	2.82
Sodio Cambiable, Na	meq/100g	N.A.	1.50	

INFORME DE ENSAYO IE-2023-0912

Tabla N°10: RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA S-1596

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1596	Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad pH	0.10	7.80
	Conductividad	μS/cm	0.10	2082.00
	Humedad	%	N.A.	2.24
	Materia Orgánica	%	N.A.	4.12
	Nitrógeno Total	mg/Kg	N.A.	2058.82
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	0.10	100.37
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	N.A.	146.65
	ARENA	%	N.A.	80.17
	ARCILLA	%	N.A.	17.35
	LIMO	%	N.A.	2.48
	TEXTURA	Sin Unidad	N.A.	FRANCO ARENOSO
	CIC	meq/100g	N.A.	21.09
	Calcio Cambiable, Ca	meq/100g	N.A.	16.79
	Potasio Cambiable, K	meq/100g	N.A.	0.90
	Magnesio Cambiable, Mg	meq/100g	N.A.	2.43
Sodio Cambiable, Na	meq/100g	N.A.	0.90	

Tabla N°11: RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA S-1597

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1597	Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad pH	0.10	7.70
	Conductividad	μS/cm	0.10	2147.00
	Humedad	%	N.A.	2.31
	Materia Orgánica	%	N.A.	5.37
	Nitrógeno Total	mg/Kg	N.A.	2684.07
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	0.10	149.58
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	N.A.	147.30
	ARENA	%	N.A.	80.18
	ARCILLA	%	N.A.	17.34
	LIMO	%	N.A.	2.48
	TEXTURA	Sin Unidad	N.A.	FRANCO ARENOSO
	CIC	meq/100g	N.A.	21.28
	Calcio Cambiable, Ca	meq/100g	N.A.	16.84
	Potasio Cambiable, K	meq/100g	N.A.	0.95
	Magnesio Cambiable, Mg	meq/100g	N.A.	2.48
Sodio Cambiable, Na	meq/100g	N.A.	0.95	

Tabla N°12: RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA S-1598

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-1598	Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad pH	0.10	7.66
	Conductividad	μS/cm	0.10	3033.00
	Humedad	%	N.A.	2.45
	Materia Orgánica	%	N.A.	6.56
	Nitrógeno Total	mg/Kg	N.A.	3282.23
	Fósforo Disponible (P)	mg/Kg	0.10	191.35
	Potasio Disponible (K)	mg/Kg	N.A.	197.27
	ARENA	%	N.A.	80.24
	ARCILLA	%	N.A.	17.29
	LIMO	%	N.A.	2.47
	TEXTURA	Sin Unidad	N.A.	FRANCO ARENOSO
	CIC	meq/100g	N.A.	21.87
	Calcio Cambiable, Ca	meq/100g	N.A.	17.11
	Potasio Cambiable, K	meq/100g	N.A.	1.01
	Magnesio Cambiable, Mg	meq/100g	N.A.	2.61
Sodio Cambiable, Na	meq/100g	N.A.	1.07	

Leyenda

LCM: Límite de Cuantificación de Método.

N.A. No Aplica.

(*) Información suministrada por el cliente.

FIN DE DOCUMENTO

Laboratorio de ensayo e investigación

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los Items sometidos a ensayo.
- Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

Anexo 6 Uso de datos en el programa Desing-Expert Version 13



C:\Users\ASUS\Desktop\TITULACIÓN FIARN\TESIS CARBON.dpx* - Design-Expert 13

File Edit View Display Options Design Tools Help

Change View Round Columns Augment Design Hide/Show Columns

Navigation Pane

- Design (Actual)
- Information
 - Notes
 - Summary
 - Graph Columns
 - Evaluation
 - Constraints
- Analysis [+]
 - Humedad (Analyzed)
 - CE (Analyzed)
 - PH (Analyzed)
 - CIC (Analyzed)
 - Nitrógeno (Analyzed)

Design Properties

Run 1

Std	Run	Factor 1 A:Dosis %	Factor 2 B:Zonas	Response 1 Humedad %	Response 2 CE uS/cm	Response 3 PH unidad de ph	Response 4 CIC meq/100g	Response 5 Nitrógeno mg/Kg	Response 6 Fósforo mg/Kg	Response 7 Potasio mg/Kg	Response 8 MO %
5	1	0	B	5.84	1833	7.89	19.96	554.14	29.7	220.62	1.11
8	2	7.5	B	2.56	2896	7.64	23.91	3109.67	155.27	136.6	6.22
12	3	7.5	C	2.57	2807	7.76	22.75	2523.02	152.44	185.33	5.05
10	4	2.5	C	2.5	2360	7.86	22.64	1717.59	102.58	162.25	3.44
2	5	2.5	A	3.43	3379	7.79	28.5	2068.55	97.85	213.32	4.14
9	6	0	C	8.78	2097	7.94	20	536.28	48.24	268.62	1.07
15	7	5.0	D	2.31	2147	7.7	21.47	2684.07	149.58	147.3	5.37
16	8	7.5	D	2.45	3033	7.66	21.87	3282.23	191.35	197.27	6.65
7	9	5.0	B	2.55	2499	7.77	22.49	1880.09	126.59	126.59	3.78
4	10	7.5	A	3.47	3485	7.66	28.17	3147.5	158.84	218.1	6.3
13	11	0	D	6.78	1011	8.01	17.79	603.07	38.95	257.64	1.21
14	12	2.5	D	2.24	2082	7.8	21.09	2058.82	100.37	146.65	4.12
11	13	5.0	C	2.65	2593	7.86	22.81	2377.37	132.83	165.77	4.75
1	14	0	A	6.9	3034	7.86	20.87	654.24	200.84	259.08	1.31
6	15	2.5	B	2.55	2338	7.8	23.71	2159.26	91.45	122.3	4.32
3	16	5.0	A	2.84	3470	7.68	28.64	3095.52	118.22	211.11	6.19

Comment

Row Status Normal

C:\Users\ASUS\Desktop\TITULACIÓN FIARN\TESIS CARBON.dxp* - Design-Expert 13

File Edit View Display Options Design Tools Help

Navigation Pane

- Design (Actual)
- Information
 - Notes
 - Summary
 - Graph Columns
 - Evaluation
 - Constraints
- Analysis [+]
- Humedad (Analyzed)
- CE (Analyzed)
- PH (Analyzed)
- CIC (Analyzed)
- Nitrógeno (Analyzed)
- Fósforo (Analyzed)
- Potasio (Analyzed)
- MO (Analyzed)
- Optimization
 - Numerical
 - Graphical
- Post Analysis
 - Point Prediction
 - Confirmation
 - Coefficients Table

Build Information

Build Information

File Version	13.0.5.0		
Study Type	Factorial	Subtype	Randomized
Design Type	Full Factorial	Runs	16.00
Design Model	2FI	Blocks	No Blocks
Center Points	0,0000	Build Time (ms)	12.00

Factors Responses

Responses

Response	Name	Units	Observations	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Ratio
R1	Humedad	%	16.00	2.24	8.78	3.78	2.07	3.92
R2	CE	uS/cm	16.00	1011	3485	2566.50	663.91	3.45
R3	PH	unidad de ph	16.00	7.64	8.01	7.79	0.1075	1.05
R4	CIC	meq/100g	16.00	17.79	28.64	22.92	3.14	1.61
R5	Nitrógeno	mq/Kq	16.00	536.28	3282.23	2028.21	979.34	6.12
R6	Fósforo	mq/Kq	16.00	29.7	200.84	118.44	50.56	6.76
R7	Potasio	mq/Kq	16.00	122.3	268.62	189.91	48.19	2.20
R8	MO	%	16.00	1.07	6.65	4.06	1.97	6.21

File Edit View Display Options Design Tools Help

Standard Designs

- Factorial
 - Randomized
 - Regular Two-Level
 - Min-Run Characterize
 - Min-Run Screen
 - Multilevel Categorical
 - Optimal (Custom)
 - Miscellaneous
 - Spin-Risk
 - Response Surface
 - Mixture
 - Custom Designs
 - Optimal (Combined)
 - User-Defined
 - Historical Data
 - Simple Sample

Multilevel Categorical Design

Also known as "General Factorial", this is a design for 1 to 12 factors where each factor may have a different number of levels. Factors are treated as categorical.

Categorical factors: 2 (1 to 12) Horizontal Vertical


	Name	Units	Type	Levels	L[1]	L[2]	L[3]	L[4]
A [Categorical]	Dosis	%	Nominal	4	0	2.5	5	7.5
B [Categorical]	Zonas		Nominal	4	A	B	C	D

Replicates: 1 (1 to 9999) 16 Runs

Blocks: 1 (1 to 13) Assign one block per replicate

Cancel << Back Next >> Finish

Anexo 7 Ficha de Recolección de datos

 <p>Universidad Nacional del Callao Ciencia y Tecnología Rumbo al Tercer Milenio</p>		<p>FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN</p>				<p>INSTRUMENTO N° 01</p>			
<p>DATOS GENERALES</p>									
<p>Título</p>		<p>EFFECTO DEL CARBÓN HIDROTERMAL DERIVADO DEL LODO DE UNA PTAR AEROBIA EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN PARQUES DEL DISTRITO DE CARABAYLLO - SECTOR 2, LIMA, 2023</p>							
<p>Línea de investigación</p>		<p>Ciencias de la Tierra y Ambiente</p>							
<p>Escuela profesional</p>		<p>Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales</p>							
<p>Autores</p>		<p>Bach. Chávez Cavaglia, Carlos Alberto Bach. Olivera Loayza, Cinthia Hillary Bach. Mucha Beraun, Liber Omar</p>							
<p>Asesor</p>		<p>Mg. Olcese Huerta, Daniel Huerta</p>							
<p>Zona A</p>									
		Humedad	CE	PH	CIC	N total	P	K	MO
<p>Tratamientos de suelo</p>		%	m S/cm	01 al 14	meq/g	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	%
<p>Suelo sin Carbón hidrotermal</p>									
<p>Suelo con Carbón hidrotermal 2.5%</p>									
<p>Suelo con Carbón hidrotermal 5.0%</p>									
<p>Suelo con Carbón hidrotermal 7.5%</p>									



Universidad
Nacional del Callao
Ciencia y Tecnología Rumbo al Tercer Milenio

FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN

INSTRUMENTO N° 01

DATOS GENERALES

Título	EFECTO DEL CARBÓN HIDROTHERMAL DERIVADO DEL LODO DE UNA PTAR AEROBIA EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN PARQUES DEL DISTRITO DE CARABAYLLO - SECTOR 2, LIMA, 2023								
Línea de investigación	Ciencias de la Tierra y Ambiente								
Escuela profesional	Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales								
Autores	Bach. Chávez Cavaglia, Carlos Alberto Bach. Olivera Loayza, Cinthia Hillary Bach. Mucha Beraun, Liber Omar								
Asesor	Mg. Olcese Huerta, Daniel Huerta								
Zona B									
	Humedad	CE	PH	CIC	N total	P	K	MO	
Tratamientos de suelo	%	m S/cm	01 al 14	meq/g	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	%	
Suelo sin Carbón hidrotermal									
Suelo con Carbón hidrotermal 2.5%									
Suelo con Carbón hidrotermal 5.0%									
Suelo con Carbón hidrotermal 7.5%									



**Universidad
Nacional del Callao**
Ciencia y Tecnología Rumbo al Tercer Milenio

FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN

INSTRUMENTO N° 01

DATOS GENERALES

Título	EFECTO DEL CARBÓN HIDROTHERMAL DERIVADO DEL LODO DE UNA PTAR AEROBIA EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN PARQUES DEL DISTRITO DE CARABAYLLO - SECTOR 2, LIMA, 2023								
Línea de investigación	Ciencias de la Tierra y Ambiente								
Escuela profesional	Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales								
Autores	Bach. Chávez Cavaglia, Carlos Alberto Bach. Olivera Loayza, Cinthia Hillary Bach. Mucha Beraun, Liber Omar								
Asesor	Mg. Olcese Huerta, Daniel Huerta								
Zona C									
	Humedad	CE	PH	CIC	N total	P	K	MO	
Tratamientos de suelo	%	m S/cm	01 al 14	meq/g	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	%	
Suelo sin Carbón hidrotermal									
Suelo con Carbón hidrotermal 2.5%									
Suelo con Carbón hidrotermal 5.0%									
Suelo con Carbón hidrotermal 7.5%									



Universidad
Nacional del Callao
Ciencia y Tecnología Rumbo al Tercer Milenio

FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN

INSTRUMENTO N° 01

DATOS GENERALES

Título	EFECTO DEL CARBÓN HIDROTHERMAL DERIVADO DEL LODO DE UNA PTAR AEROBIA EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN PARQUES DEL DISTRITO DE CARABAYLLO - SECTOR 2, LIMA, 2023								
Línea de investigación	Ciencias de la Tierra y Ambiente								
Escuela profesional	Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales								
Autores	Bach. Chávez Cavaglia, Carlos Alberto Bach. Olivera Loayza, Cinthia Hillary Bach. Mucha Beraun, Liber Omar								
Asesor	Mg. Olcese Huerta, Daniel Huerta								
Zona D									
	Humedad	CE	PH	CIC	N total	P	K	MO	
Tratamientos de suelo	%	m S/cm	01 al 14	meq/g	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	%	
Suelo sin Carbón hidrotermal									
Suelo con Carbón hidrotermal 2.5%									
Suelo con Carbón hidrotermal 5.0%									
Suelo con Carbón hidrotermal 7.5%									

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1.1 DATOS GENERALES

- I.1 Apellidos y Nombres: González Madueño, Consuelo
 I.2 Cargo e institución donde labora: Universidad Nacional de Ingeniería
 I.3 Especialidad o línea de investigación: Gestión e Impacto Ambiental
 I.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N° 1
 I.5 Autor del instrumento: Bachilleres Olivera Loayza Cinthia Hillary, Chávez Cavaglia Carlos Alberto y Mucha Beraun Liber Omar.

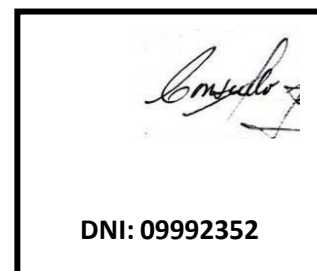
1.2 ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formado con lenguaje comprensible												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar la hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

1.3 OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento **cumple** con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento **NO cumple** con los requisitos para su aplicación.

SI



1.4 PROMEDIO DE VALORACIÓN

95

Lima, 25 de mayo del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1.1 DATOS GENERALES

- I.1 Apellidos y Nombres: Olcese Huerta, Manuel Daniel
 I.2 Cargo e institución donde labora: UNAC
 I.3 Especialidad o línea de investigación: Ciencias de la Tierra y Ambiente
 I.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N° 2
 I.5 Autor del instrumento: Bachilleres Olivera Loayza Cinthia Hillary, Chávez Cavaglia Carlos Alberto y Mucha Beraun Liber Omar.

1.2 ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formado con lenguaje comprensible												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar la hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

1.3 OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento **cumple** con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento **NO cumple** con los requisitos para su aplicación.

SI



1.4 PROMEDIO DE VALORACIÓN

95

Lima, 23 de mayo del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1.1 DATOS GENERALES

- I.1 Apellidos y Nombres: Vásquez Perdomo Fernando
 I.2 Cargo e institución donde labora: UNAC
 I.3 Especialidad o línea de investigación: Ciencias de la Tierra y Ambiente
 I.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N° 3
 I.5 Autor del instrumento: Bachilleres Olivera Loayza Cinthia Hillary, Chávez Cavaglia Carlos Alberto y Mucha Beraun Liber Omar.

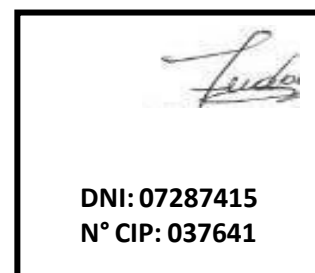
1.2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formado con lenguaje comprensible												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicado para lograr probar la hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

1.3 OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento **cumple** con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento **NO cumple** con los requisitos para su aplicación.

SI



1.4 PROMEDIO DE VALORACIÓN

95

Lima, 22 de mayo del 2023