



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que el Informe Final de Tesis Titulado “Efectividad de tecnosoles para el control de acidez en suelos agrícolas del centro poblado Chetilla, distrito de Conchan - provincia de Chota”; desarrollado por el Bach. Jorge Eduard Benavides Tafur de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental; presenta una SIMILITUD IGUAL O MENOR al 25% **por lo que cumple** con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 120-2022-UNACH.

Chota, 22 de mayo de 2023.

Atentamente

Dra. Doris Elena Delgado Tapia
Directora de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias

CO-002-2023-UIFCA-UNACH

Informe final de tesis 6.11.22

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	20 %	4 %	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2 %
3	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	2 %
4	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	kipdf.com Fuente de Internet	1 %
6	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1 %
7	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	1 %
9	www.tdx.cat Fuente de Internet	1 %

10	repository.uaeh.edu.mx Fuente de Internet	1 %
11	www.slideshare.net Fuente de Internet	1 %
12	rafaela.inta.gov.ar Fuente de Internet	1 %
13	es.scribd.com Fuente de Internet	1 %
14	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
15	aqmlaboratorios.com Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorioinstitucional.uson.mx Fuente de Internet	<1 %
18	www.educ.state.ak.us Fuente de Internet	<1 %
19	www.secs.com.es Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %

22	blacktogreen.com Fuente de Internet	<1 %
23	1library.co Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	enciga.org Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	www.proteccioncivil.es Fuente de Internet	<1 %
32	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

34	cites.org Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.uea.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	www.rumbominero.com Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
40	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
41	www.uhu.es Fuente de Internet	<1 %
42	digibuo.uniovi.es Fuente de Internet	<1 %
43	www.upra.gov.co Fuente de Internet	<1 %
44	bibliotecadigital.univalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
45	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

46	proactivo.com.pe Fuente de Internet	<1 %
47	revistas.unat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
49	www.investigacion.biblioteca.uvigo.es Fuente de Internet	<1 %
50	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	<1 %
51	Cesar Loo Gil. "Contaminación de suelos por el uso de aguas residuales", TecnoHumanismo, 2021 Publicación	<1 %
52	agroquimicos2010.wikispaces.com Fuente de Internet	<1 %
53	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
54	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
55	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
56	udoagricola.orgfree.com Fuente de Internet	<1 %

57

www.miteco.gob.es

Fuente de Internet

<1 %

58

dbpedia.org

Fuente de Internet

<1 %

59

sipac.unifesspa.edu.br

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental



“Efectividad de tecnosoles para el control de acidez en suelos agrícolas del centro poblado Chetilla, distrito de Conchan - provincia de Chota”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

Bach. Jorge Eduard Benavides Tafur

ASESOR: Dr. Roger Chambi Legoas

COASESOR: M.Sc. Pacífico Muñoz Chávarry

CHOTA-PERÚ

Dr. Roger Chambi Legoas
CIP 131666
Docente UNACH

Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 006-2022/EPIFA- FCA/UNACH

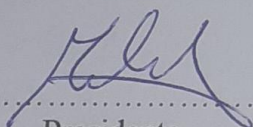
Siendo las 14:02 horas, del día 29 de noviembre de 2022, en el auditorio de la EPIFA, los miembros del Jurado de Tesis titulada: Efectividad de tecnosoles para el control de acidez en suelos agrícolas del centro poblado de Chetilla, distrito de Conchañ - provincia de Chota, integrado por:

1. Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza Presidente
2. M.sc. Arucena Chóvez Collantes Secretario
3. M.sc. Franklin Hitler Fernández Zarate Vocal

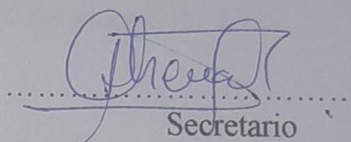
Sustentada por Jorge Eduard Benavides Tafur, con la finalidad de obtener el título profesional en Ingeniería Forestal y Ambiental

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda... (Aprobar, no aprobar)... la tesis, calificándola con la nota de: (diecisiete), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el título profesional de ingeniero

Firmado en: Chota, 29 de noviembre del 2022



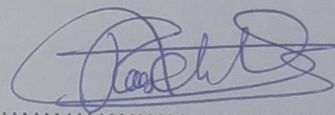
Presidente



Secretario



Vocal



Asesor

Roger Chambí Legoas

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH) por brindarme circunstancias y condiciones para mis saberes universitarios y por ser pieza integral de mi formación profesional.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la UNACH por brindarme preparaciones y herramientas para graduarme.

A todos los maestros de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH) por haber compartido todos sus conocimientos y consejos para ser un buen profesional.

Al Dr. Roger Chambi Legoas, por el asesoramiento y amistad en el presente trabajo de investigación.

Al Dr. Pacifico Muñoz Chabarry, por su colaboración y asesoramiento en la conducción del presente trabajo de investigación.

A los miembros del jurado Dra. Denisse Milagros Alva Mendoza (presidente), M.Sc. Azucena Chávez Collantes (secretario), Mg. Franklin Hitler Fernandez Zarate (Vocal) y M.Sc. Miriam Marleni Rosales Cuentas (Accesitario). Por las observaciones, críticas y contribuciones para mejorar la calidad de la versión final de la tesis.

A mis padres Luz Violeta Tafur Díaz y Edilberto Benavides Días, así como a mis hermanos Miriam Marlene, Susana Maribel, Gabriel Alexander por haberme brindado todo su apoyo para culminar mi carrera profesional.

A Flor Nelida Pérez Fernández por su apoyo y motivación constante para poder culminar de la mejor manera la presente investigación.

A Dios por su divina ayuda, por iluminarme en los momentos difíciles para salir adelante, y por el hecho de que en mi vida hay profesionales que han aportado de tal manera en esta investigación.

DEDICATORIA

A Dios por hacer realidad este sueño de ser un gran profesional. A mis queridos padres, Luz Violeta Tafur Díaz y Edilberto Benavidez Díaz, por ser una inspiración para mí y mostrarme cada día su amor, apoyo y dedicación sin fin para hacer realidad mis sueños y metas. A todos mis hermanos Mirian Benavides, Susana Benavides, Alexander Benavides, Sandra Benavides y Antonio Benavides por su apoyo incondicional, consejos y motivación que me han inspirado a seguir mejorando y a mi novia Flor Perez Fernandez, por su apoyo absoluto y amor incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA	3
ÍNDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE TABLAS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
CAPITULO I	10
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II	12
MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes de estudio.....	12
2.1.1. A nivel mundial	12
2.1.2. A nivel nacional.....	14
2.2. Bases teóricas científicas	15
2.2.1. Desarrollo histórico de tecnosoles	15
2.2.4. Características generales de los tecnosoles	16
2.2.5. Beneficios de los tecnosoles.....	17
2.2.5.1. Beneficio medioambiental	17
2.2.5.2. Beneficios económicos	18
2.2.5.3. Beneficios sociales.....	18
2.2.6. El suelo	18
2.2.6.1. Características físicas del suelo	18
2.2.6.2. Características químicas del suelo	20
2.2.7. Indicadores de calidad de suelo	25
2.2.8. Acidez del suelo.....	27
2.2.9. Factores que intervienen en la acidez de los suelos	28
2.3. Marco conceptual.....	29
2.4. Hipótesis	31
CAPÍTULO III	34
MARCO METODOLÓGICO	34
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	36
3.2. Diseño de investigación	36
3.3. Método de investigación.....	37
3.4. Población, muestra y muestreo	38

3.4.1. Población.....	38
3.4.2. Muestra	38
3.4.3. Muestreo	38
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
3.5.1. Técnicas y procedimientos.....	40
3.6. Instrumentos de recolección de datos	45
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	46
3.7.1. Análisis de varianza	46
3.7.2. Modelo	47
3.7.2.1. ANOVA unifactorial.....	47
3.7.3. Estadístico de prueba.	48
3.8. Aspectos éticos.....	48
CAPITULO IV	49
RESULTADOS Y DISCUSIONES	49
4.1. Propiedades físicas y químicas de los suelos del centro poblado de Chetilla...49	
4.2. Formación de los tecnosoles	50
4.3. Efecto de los tecnosoles en la acidez del suelo.....	50
4.4. Efecto de los Tecnosoles en las propiedades químicas de los suelos	53
CAPÍTULO V.....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
5.1. CONCLUSIONES	63
5.2. RECOMENDACIONES	64
CAPÍTULO VI.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
CAPÍTULO VI.....	73
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Función de tecnosoles en relación con suelo sin tecnosol</i>	17
Figura 2. <i>Mapa global de los índices de acidez de suelo y sus tendencias a su recuperación</i>	28
Figura 3. <i>Mapa de ubicación del área de estudio</i>	35
Figura 4. <i>Zonas y distribución de puntos muestreados</i>	39
Figura 5. <i>Proceso de descomposición de los residuos forestales (R.F) y residuos orgánicos fermentados (B)</i>	41
Figura 6. <i>Croquis y estructura de residuos para la elaboración de tecnosoles</i>	42
Figura 7. <i>Procedimiento utilizado para la recolección de datos en la formación de tecnosoles</i>	42
Figura 8. <i>Croquis experimental del ensayo</i>	43
Figura 9. <i>Modelo de evaluación de Tecnosol</i>	44
Figura 10. <i>Valor de pH medido en Tecnosol en proceso de formación en periodo de 60 días</i>	50
Figura 11. <i>Distribución de las medias del pH del suelo en los tecnosoles evaluados por ensayo.</i>	51
Figura 12. <i>Medias de pH actual y potencial analizados en laboratorio</i>	52
Figura 13. <i>Medias de materia orgánica</i>	54
Figura 14. <i>Medias de fósforo disponible, analizados en laboratorio</i>	55
Figura 15. <i>Medias de saturación de potasio disponible</i>	56
Figura 16 . <i>Medias de CIC</i>	57
Figura 17. <i>Medias de aluminio, calcio, magnesio, potasio, y sodio, intercambiable, analizados en laboratorio.</i>	58
Figura 18. <i>Medias de saturación de bases, analizados en laboratorio</i>	59
Figura 19. <i>ANOVA en parámetros químicos de los tratamientos T1, T2 y T4 para las 3 muestras</i>	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Grupos texturales</i>	19
Tabla 2. <i>Reacción del pH en el suelo</i>	20
Tabla 3. <i>Capacidad de Intercambio Catiónico</i>	21
Tabla 4. <i>El fósforo (P) en el suelo</i>	21
Tabla 5. <i>El potasio (K) en el suelo</i>	22
Tabla 6. <i>La Materia Orgánica (MO) en el suelo</i>	22
Tabla 7. <i>Porcentajes óptimos de saturación de bases</i>	23
Tabla 8. <i>Principales cationes para la categoría de fertilidad de suelos</i>	23
Tabla 9. <i>Saturación de bases</i>	24
Tabla 10. <i>Suma de Saturación de bases</i>	24
Tabla 11. <i>Conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos</i>	25
Tabla 12. <i>Operacionalización de variables</i>	32
Tabla 13. <i>Distribución de unidades experimentales en el ensayo</i>	36
Tabla 14. <i>Variación de la concentración de residuos a utilizar para elaborar Tecnosoles</i> ...37	37
Tabla 15. <i>Método de evaluación y el porcentaje suelo – tecnosol</i>	44
Tabla 16. <i>Propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas del centro poblado de Chetilla previo a la aplicación de los tratamientos</i>	49
Tabla 17. <i>Análisis de varianza (ANOVA)</i>	51
Tabla 18. <i>Comparación múltiple de Tukey para la variable pH actual y pH potencia</i>52	52
Tabla 19. <i>Análisis de varianza (ANOVA). para variables químicas.</i>	53

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la efectividad de los tecnosoles en el control de acidez de los suelos agrícolas en el centro poblado “Chetilla”, Chota, Cajamarca. Se instaló un diseño completamente al azar con seis tratamientos: Cinco tecnosoles: T1 (Tecnosol 01), T2 (Tecnosol 02), T3 (Tecnosol 03), T4 (Tecnosol 04), T5 (Tecnosol 05), aplicados a las muestras de suelos, y un testigo (sin aplicación de tecnosol); con ocho repeticiones por tratamiento. Los tecnosoles consistieron en la combinación de cuatro tipos de residuos (cáscara de huevos, residuos forestales, residuos orgánicos fermentados, y residuos de construcción) a diferentes proporciones, que pasaron por un periodo de formación de 60 días. La variable de respuesta en los ensayos fue el pH del suelo como indicador de la acidez, monitoreado durante 90 días de aplicación de los tratamientos. Además, se analizó en laboratorio las propiedades físicas y químicas de los suelos tratados con los tecnosoles, y el testigo. Se observó que todos los tecnosoles incrementaron significativamente el pH de los suelos, destacando los tecnosoles T1, T4, y T2, que aumentaron el pH hasta 5,08, y 4,75, y 4,68, respectivamente, en comparación con el testigo que tuvo un pH de 3,74. Además, los tecnosoles incrementaron significativamente el contenido de materia orgánica (MO), fósforo disponible (P), potasio disponible (K), cationes cambiabiles, y capacidad de intercambio catiónico (CIC). En conclusión, la aplicación de los tecnosoles con características orgánicas y calcarías en un periodo de 90 días, disminuyó significativamente la acidez e incrementó significativamente la fertilidad de los suelos muestreados debido a la utilización de residuos que aportaron elementos para mejorar sus características físicas y químicas del suelo.

Palabras claves: pH, fertilidad de suelos, remediación de suelos, residuos orgánicos, propiedades químicas y físicas del suelo.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the effectiveness of technosols in controlling the acidity of agricultural soils in the town of "Chetilla", Chota, Cajamarca. A completely randomized design with six treatments was used: Five technosols: T1 (Tecnosol 01), T2 (Tecnosol 02), T3 (Tecnosol 03), T4 (Tecnosol 04), T5 (Tecnosol 05), applied to soil samples, and a control (no technosol application); with eight replicates per treatment. The technosols consisted of a combination of four types of residues (eggshell, forestry residues, fermented organic residues, and construction residues) at different proportions, which underwent a training period of 60 days. The response variable in the trials was soil pH as an indicator of acidity, monitored during 90 days of application of the treatments. In addition, the physical and chemical properties of the soils treated with the technosols and the control were analyzed in the laboratory. It was observed that all the technosols significantly increased the pH of the soils, highlighting technosols T1, T4, and T2, which increased the pH up to 5.08, and 4.75, and 4.68, respectively, compared to the control, which had a pH of 3.74. In addition, the technosols significantly increased the content of organic matter (OM), available phosphorus (P), available potassium (K), exchangeable cations, and cation exchange capacity (CEC). In conclusion, the application of technosols with organic and calcareous characteristics in a period of 90 days, significantly decreased the acidity and significantly increased the fertility of the sampled soils due to the use of residues that provided elements to improve the physical and chemical characteristics of the soil.

Key words: pH, soil fertility, soil remediation, organic residues, soil chemical and physical properties.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los usos agrícolas inadecuados del suelo generan pérdidas de la productividad agraria, debido a la incorporación de sustancias nocivas, como ácidos, metales pesados, contaminantes orgánicos; entre otros. Esto contribuye a la alteración de los ciclos biogeoquímicos y eliminación de la biota, causando cambios en las características químicas y físicas del suelo, lo cual reduce su fertilidad (Cumbre Pueblos, 2017).

Los tecnosoles simbolizan una tecnología novedosa, económica y durable para remediar la contaminación del suelo, acidez del suelo, y aguas ácidas (Howard, 2021). Los métodos tradicionales como el encapsulamiento, han resultado ser costosos, poco durables que requieren de mantenimiento prolongado; mientras que los métodos de encalado son ineficientes en concentraciones altas de acidez perdiendo su poder reductor de iones de hierro y aluminio (Macías, 2009).

La elaboración de tecnosoles a partir de residuos domésticos, residuos forestales, residuos de minas, residuos calizos, lodos, cenizas, etc. es un método ecológico y sustentable porque permite aprovechar los residuos no reutilizables o mal gestionados y que a la vez permite mejorar las condiciones del suelo, crecimiento de las plantas, (Gao et al. 2022; Lebrun et al. 2022; Mazarji et al. 2022; Ribeiro et al. 2022) como los utilizados en la presente investigación que son los residuos de materiales de construcción y demolición (cemento, ladrillo y hormigón), restos vegetales (ramas, troncos, pastos, hojarasca), restos de animales (pelo y piel) y residuos domésticos (cáscaras, desperdicios de comida) (Moreno-Barriga et al. 2017)

En la agricultura el sobrepastoreo, el cultivo excesivo, utilización incorrecta de herbicidas, fertilizantes químicos y la explotación forestal insostenible generan que el suelo se degrade de manera significativa (Baude et al. 2019). Particularmente en la región Cajamarca, de vocación agrícola y ganadera, este problema es muy frecuente, existen grandes áreas donde la producción

es muy baja debido a la alta acidez, pérdida de nutrientes por arrastre, lo que reduce considerablemente la fertilidad de los suelos, y por tanto la capacidad productiva de cultivos de las comunidades rurales. En este contexto, es pertinente estudiar la incorporación de tecnosoles en los suelos de Chetilla, Chota, Cajamarca, para probar si es una solución eficaz para mejorar el pH y la fertilidad de los suelos.

Por tanto, se planteó el siguiente problema general:

¿Cuál es la efectividad de los Tecnosoles en el control de la acidez de los suelos agrícolas del centro poblado Chetilla, distrito de Conchan - provincia de Chota?

Para esto, la investigación tuvo como objetivo general: Determinar la efectividad de los Tecnosoles en el control de acidez de los suelos agrícolas del centro poblado de Chetilla, distrito de Conchan - distrito de Chota. Asimismo, los objetivos específicos fueron: (i) Evaluar el pH de los tecnosoles durante el proceso de formación previo al ensayo; (ii) evaluar el efecto de los tecnosoles en la acidez de los suelos; (iii) evaluar el efecto de los tecnosoles en las propiedades químicas de los suelos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. A nivel mundial

Soria et al. (2022) en el estudio sobre los efectos de los tecnoles basados en la adición de enmiendas orgánicas para la recuperación de la funcionalidad de suelos de cantera degradados bajo clima mediterráneo semiárido: Un estudio de campo determinó que los tecnoles modificados tienen mayor capacidad de contenido de nitrógeno y carbono orgánico total, retención de agua, conductividad eléctrica en comparación con los suelos naturales y no mejorados. De manera similar, la investigación a corto plazo indicó un claro efecto de los tecnoles en la restauración de la materia orgánica del suelo y presumiblemente en su función.

Weiler et al. (2020) en la investigación realizada en Brasil sobre la utilización de tecnoles como herramientas de gestión integrada para convertir los residuos urbanos y de la minería del carbón en un recurso, el investigador concluyó que de los tres tratamientos (I) solo residuos de carbono, (II) residuos de carbono 2,5 % de materia orgánica, (III) residuos de carbono 5,0 % de materia orgánica y (IV) tierras de cultivo de control, se mostró una disminución tanto en el contenido de pirita como en la capacidad de formación de ácido del sustrato. En cuanto a los residuos municipales, se estima que por cada hectárea de tecnosol (condición III) se pueden utilizar unas 550 toneladas de compost. Por lo tanto, este estudio aborda el potencial para mejorar la gestión de residuos en contextos mineros y urbanos en línea con los conceptos de economía circular.

Ruiz et al. (2020) por su lado comprobaron en su estudio sobre la evaluación de la calidad del suelo de los tecnoles construidos: Hacia la validación de una estrategia prometedora para la recuperación de tierras, la gestión de residuos y la recuperación de las funciones del

suelo que después de tres y siete años de cultivo de caña de azúcar, los Tecnosoles mostraron índices de calidad de suelo (SQ) iguales a = 0,70 y 0,67 similares a los del suelo original (SQ = 0,69), mientras que después de 20 años de pastoreo, el SQ (= 0,88) de P20 es superior a la de NS. El suelo original (SQ = 0,69). En general, los tecnosoles restauraron la mayoría de los servicios ecosistémicos esperados para suelos saludables, especialmente en P20, donde la reserva de carbono es 2,7 veces mayor que la NS (82,1 frente a 35 Mg C ha⁻¹). Para lo cual los tecnosoles de los relaves de piedra caliza puede restaurar las funciones básicas del suelo en condiciones ambientales tropicales en menos de 20 años.

Forján et al. (2018) en el estudio realizado sobre el efecto comparativo de compost y tecnosol mejorado con biochar sobre la fertilidad de un suelo degradado en España, comprobó que las concentraciones totales de carbono y nitrógeno en SCBP (compost, biochar y *B. juncea*) fueron más altas que en STBP después de 7 meses, pero después de 11 meses, las concentraciones de carbono fueron más altas en el estudio STBP (tecnosol, biochar y *B. Juncia*). Por lo que el tecnosol utilizado puede tener formas de carbono más estables que el compost, que puede liberarse más lentamente que el suelo mejorado con compost. El compost y el tecnosol mezclados con biochar también aumentan la concentración intercambiable de calcio, potasio, magnesio y sodio en el suelo.

Otro caso en el que se utilizaron tecnosoles para corregir la degradación ambiental fue en la mina de Touro ubicada en Santiago Compostela (España), una mina de sulfuros metálicos de 600 hectáreas, mina que fue utilizada durante 14 años (1974-1988) para la producción de cobre, induciendo a una perturbación ambiental extrema, escombreras estériles, balsas de decantación de aguas residuales y grandes lodos. Los materiales expuestos a elementos sin vegetación o suelo ayudan a oxidar los sulfuros metálicos, produciendo aguas residuales ácidas y contaminando los ríos de la cuenca de Ulla. (Bolaños et al. 2014).

Vázquez y Olano (2012) en un estudio realizado en España el proceso de recuperación de suelos y aguas acidificadas de minas de sulfuros metálicos mediante la explotación biogeoquímica de relaves proporciona un excelente recurso didáctico y demostrativo ya que las condiciones de la mina se relacionan con cambios ambientales severos, lo que indica que ofrece un proceso de regeneración sostenible adecuado para la producción de “tecnosoles” adecuados a la solución de los problemas de las explotaciones mineras o para la recuperación de suelos contaminados. Teniendo como resultado que las aguas de mina entran a $\text{pH} < 3$ y con altas concentraciones de Al, $\text{SO}_4^{=}$ y otros iones tóxicos, y salen con $\text{pH} > 7$, que se pueden utilizar directamente como agua de riego, agua para cría de peces o para potabilización.

2.1.2. A nivel nacional

ProActivo (2022) en su reciente informe periodístico del mes de junio del 2022 contempla que la minera Gold Fields implementó el proceso de “Evaluación integral de diferentes tecnologías para la prevención de drenaje ácido de mina: tratamientos alcalinos vs. tecnologías verdes” destacando el uso de “Tecnosoles”, los cuales tuvieron mayor eficiencia en el tratamiento de pequeños caudales, recuperación y/o restauración del entorno y posible aprovechamiento forestal, favoreciendo el desarrollo de especies vegetales.

En la minera Buenaventura, Cajamarca, se ha trabajado el uso de tecnosoles para el cierre de minas de manera más eficientes; denominándoles suelos auto sostenibles o tecnosoles con el objetivo de mejorar el manejo eficiente del agua, evitar la infiltración de agua, así como también generar un impacto positivo en los costos de cierre. Los tecnosoles fueron una avanzada tecnología que neutralizó la generación de agua ácida en los terrenos de operaciones mineras, salvaguardando el medio ambiente, ayudó a la estabilización del suelo, de los taludes y a la conservación del agua superficial (Belling, 2018).

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Desarrollo histórico de tecnosoles

El uso de tecnosoles para la recuperación de zonas degradadas ha mostrado eficacia en suelos impactados por actividades mineras. Un suelo de mina contiene todo tipo de residuos, escombros estériles, otros. Lo que da lugar a problemas edáficos significativos, siendo sus características más notables las siguientes: disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, clase textural desequilibrada, ruptura de los ciclos biogeoquímicos, ausencia o baja presencia de la estructura edáfica, propiedades químicas anómalas, baja profundidad efectiva, dificultad de enraizamiento, baja retención de agua, baja capacidad de intercambio catiónico y presencia de compuestos tóxicos (Villaverde, 2018)

Uno de los casos más singulares de polución por residuos mineros se llevó a cabo en La Bahía de Portmán en Murcia (España). Desde 1957 se llevaron acciones extractivas de minerales como plomo y zinc a gran nivel creando una grave contaminación a todos los factores (agua, suelo, aire y organismos vivos) con el paso de los años. En más de 60 años se han vertido al mar 60 millones de toneladas de estériles procedentes de la minería lo que ha provocado la colmatación de la bahía en un 80% (Benedicto et al. 2008)

En función del estudio “Caracterización y análisis de riesgos de los materiales de la Bahía de Portman” Martínez y Pérez (2008) seleccionaron cuatro de los materiales más representativos de la bahía (sedimentos A, B, C, D). Estos materiales se mezclaron con distintas proporciones de carbonato cálcico, haciendo que se neutralizara la acidez y se inmovilizaran los metales pesados (Villaverde, 2018)

Los resultados derivados de la formación de tecnosoles con este tipo de sedimentos, es la formación de un aumento de calcita en las fracciones más finas, además de neutralizar hidroxisulfatos, desapareciendo del suelo (Ciudad, 2014)

2.2.4. Características generales de los tecnosoles

Los tecnosoles forman un nuevo GSR (grupo de suelos de referencia) y agrupan suelos cuyas propiedades se deben a sus orígenes ingenieriles. Contienen cantidades significativas de artefactos (algo que los humanos pueden reconocer en el suelo o se extraen de la tierra), o están sellados con roca dura artificial (material duro, con propiedades diferentes a la roca natural). Estos incluyen suelos de desecho (tierra de relleno, limo, escoria, roca triturada o desechos de mina y cenizas), pavimentos con sus materiales subyacentes no consolidados, suelos con geomembranas y suelos construidos en materiales hechos por el hombre (Badía-Villas, 2022; Ruiz et al. 2022; FAO, 2006).

De acuerdo a Macías (2009) en ocasiones a un suelo le hace falta aluminio o calcio, en otros casos carbono. “Todo depende del sustrato a mejorar y de la función que se le quiera dar al suelo; ¿un suelo higroscópico que retenga agua?, ¿un suelo que drene bien? y ¿uno que se sujete en pendientes sin más o que neutralice acidez e impida la migración de metales pesados? Casi todas las soluciones son posibles”.

Partimos de unos pocos datos:

- Condiciones del medio (P y T)
- Materiales
- Usos específicos de los tecnosoles
- Residuos a utilizar

La base de antecedentes del laboratorio de Edafotec responde a las necesidades del suelo. Por ejemplo: 30% de paja de cereal, 20% residuos de poda de *Eucalyptus sp*, 40% conchas de mejillón y un 10% lodos de depuradora. A esto le llaman “suelo a la carta” (Macías, 2009). La figura 1 muestra que la instalación de tecnosoles promueve el desarrollo de vegetación permanente con alta retención de carbono, reduce la escorrentía y evita la pérdida de materia orgánica por lixiviación, mantiene un suelo aireado con alto contenido de

oxígeno, lo que favorece la descomposición aeróbica de la materia orgánica y evitando la generación de metano.

Figura 1

Función de tecnosoles en relación con suelo sin tecnosol



Fuente: Blacktgreen (2018).

2.2.5. Beneficios de los tecnosoles

La tecnología de tecnosoles derivados de residuos es más eficaz para sustituir otras alternativas tradicionales de gestión de residuos: vertido controlado e incontrolado, procesos de inactivación o incineración, valorización y recuperación de materiales útiles (Ciudad, 2014).

2.2.5.1. Beneficio medioambiental

- Recuperar espacios degradados.
- Aumento de fijación de CO₂ por la instalación de vegetación.
- Fijación de carbono edáfico.
- Reducción de residuos que se destina a botaderos.

- Novedosas maneras de valorización de residuos, evitando además el uso de otros materiales naturales.

2.2.5.2. Beneficios económicos

- Recuperación de áreas forestales.
- Reducción del coste de gestión de recuperación de residuos.

2.2.5.3. Beneficios sociales

- Restauración de espacios degradados.
- Mejora paisajística.
- Creación de nuevos proyectos de desarrollo empresarial.
- Creación de empleo.

2.2.6. El suelo

El suelo es un cuerpo natural compuesto por tres características fundamentales como su complejidad, dinamismo y permeabilidad el suelo es independiente, que tiene una determinada composición, propiedades y origen debido al impacto de muchos factores como el clima, la topografía, la fuente de materias primas, el tiempo, los organismos (López, 2006)

El suelo es una delgada capa, de pocos centímetros hasta algunos metros de espesor, de material térreo, no solidificado, que se forma en la interface atmósfera – biosfera – litosfera.

En ella interactúan elementos del ambiente (aire, agua, temperatura, viento, rocas, sedimentos, etc) donde estos realizan intercambios de materiales y energía entre lo inerte y vivo, produciéndose una enorme complejidad (Jaramillo, 2002)

2.2.6.1. Características físicas del suelo

Jaramillo (2002) las características físicas del suelo representan la manera de cómo interactúan las tres fases que componen el suelo: fase sólida, fase líquida, y fase gaseosa. Estas características son la textura, pedregosidad, estructura, porosidad, profundidad, densidad, color, drenaje, y otras.

Textura. Es aquella propiedad que establece las cantidades referentes en que se hallan las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir la Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar) (Jaramillo, 2002). En la tabla 1 se muestra la clasificación textural usada en el Perú.

Tabla 1

Grupos texturales

Símbolo	Grupos	Textura
G	Gruesa	Arena
		Arena franca
MG	Moderadamente gruesa	Franco arenoso
M	Media	Franco
		Franco limoso
		Limoso
MF	Moderadamente fina	Franco arcilloso
		Franco arcillo limoso
		Franco arcillo arenoso
F	Fina	Arcillo arenoso
		Arcillo limoso
		Arcilloso

DS N° 017 - 2009 - AG. Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, 2009

Estructura. Nos permite conocer la formación de los agregados del suelo, en Estructura: otras palabras cómo se organiza la arcilla, el limo y la arena para formar el suelo (Rucks et al. 2004).

Densidad. Peso que tiene dicho componente, por unidad de volumen (M/V). (Jaramillo, 2002) En el suelo, se presentan dos situaciones con respecto a la densidad:

- **Densidad real:** Constituye la densidad de la fase sólida del suelo.
- **Densidad aparente:** Refleja la masa por unidad de volumen de suelo intacto seco, incluidas las fases incrustadas tanto sólidas como de vapor.

Porosidad. Se define como el volumen ocupado por vacíos (y esta fracción ocupada por gases y líquidos) en relación con el volumen total ocupado por el suelo. La porosidad está inversamente relacionada con la densidad del suelo (Rucks et al. 2004).

Color: Depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Por lo general los especialistas acuden a los «Munsell Soil Colour Charts» para definir el color de los horizontes (FAO, 2020).

Profundidad efectiva: es el espacio a través del cual las raíces de las plantas pueden penetrar sin gran dificultad para obtener el agua y los nutrientes necesarios (Ibañez, 2007).

2.2.6.2. Características químicas del suelo

La química del suelo está determinada principalmente por la materia orgánica y la arcilla, ya que son la principal fuente de nutrientes.

- a. **pH.** indicador de su grado de acidez, neutralidad o alcalinidad. Se considera a un suelo ácido cuando se encuentra por debajo de pH 6,0 y es alcalino es superior a 7,5 (Gambaudo, 2007).

Es el grado de alcalinidad de los horizontes del suelo y se mide en unidades de pH. La reacción estándar por el pH que prevalece dentro del primero 50 cm de profundidad (Tabla 2).

Tabla 2

Reacción del pH en el suelo

Rango	Clases
Menos de 3,5	Ultra ácido
3,6 – 4,4	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6,0	Moderadamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido

6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Ligeramente alcalino
7,9 – 8,4	Moderadamente alcalino
8,5 – 9,0	Fuertemente alcalino
Más de 9,0	Muy fuertemente alcalino

Fuente: DS N° 17-2009-AG. Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, 2009

- b. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):** propiedad química vinculada a la fertilidad, contenido de materia orgánica (MOS) y coloides inorgánicos como se muestra en la tabla 3 (Martínez et al. 2008).

Tabla 3

Capacidad de Intercambio Catiónico

CIC total mEq/100g	Nivel	Valoración
0-10	Muy bajo	Suelo muy pobre
10-20	Bajo	Suelo pobre
20-35	Medio	Suelo medio
35-45	Medio-alto	Suelo rico
Mayor de 45	Alto	Suelo muy rico

Fuente: González (2015).

- c. Fósforo (P):** un macronutriente esencial para el crecimiento de las plantas (tabla 4). Participa en procesos metabólicos como la fotosíntesis, transferencia de energía, síntesis y descomposición de carbohidratos (Morales, 2018).

Tabla 4

El fósforo (P) en el suelo

Fósforo disponible (ppm)	
Bajo	Menor de 7
Medio	7 – 14
Alto	Mayor de 14

Fuente: DS N° 17-2009-AG. Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, 2009

d. Potasio (K): uno de los macronutrientes esenciales más importantes que necesitan las plantas (tabla 5). Juega un papel importante en la fisiología de las plantas, por lo que su deficiencia resultará en pérdidas significativas en el rendimiento y/o calidad de los cultivos. (Morales, 2018)

Tabla 5

El potasio (K) en el suelo

Potasio disponible (ppm)	
Bajo	Menor de 7
Medio	7 – 14
Alto	Mayor de 14

Fuente: DS N° 17-2009-AG. Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, 2009

e. Materia Orgánica: Lombardi et al. (2013) se refieren al porcentaje de material vegetal que se encuentran en estado de descomposición y se distinguen tres niveles (tabla 6):

- **Alto:** nivel de descomposición alta, abundancia de MO que crea un manto sobre el suelo, donde se desarrolla también una activa vida animal.
- **Medio:** nivel de descomposición moderada, se encuentra disperso en el área de estudio.
- **Bajo:** nivel de descomposición baja, se logra observar la superficie del suelo.

Tabla 6

La Materia Orgánica (MO) en el suelo

Materia orgánica (%)	
Bajo	Menor de 2
Medio	2 - 4
Alto	Mayor de 4

DS N° 17-2009-AG. Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, 2009

f. Carbonatos: compuestos que reaccionan a los ácidos, produciendo CO_2 .

Los carbonatos más comunes son de calcio y le siguen los de sodio o magnesio (Ibáñez, 2007).

g. Sulfatos: Los sulfatos (SO_4^{2-}) son muy abundantes en la naturaleza, pudiendo estar enlazados entre sí por cationes de Al, Ca, Fe, K, Na y Mg. Son bastante comunes en la corteza terrestre, la explotación de pirita en minas, conduce a un incremento del ion sulfato en suelo y cuerpos de agua (Alfaro et al. 2017).

h. Porcentaje de saturación de bases: valor de cada base respecto al valor de la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7

Porcentajes óptimos de saturación de bases

Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+
0 - 0	65 - 75	15 - 20	4 - 7	0 - 5
Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo

Fuente: González (2015).

a. Saturación de bases: suma de los cationes principales (Ca, Mg, Na, K) respecto de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) realizados en el análisis de suelos (Tabla 8, 9 y 10).

Tabla 8

Principales cationes para la categoría de fertilidad de suelos

	Rango	Valoración
Aluminio Intercambiable mEq/100gr	<0,10	Muy bajo
	0,11 - 0,25	Bajo
	0,26 - 0,50	Medio
	0,51 - 0,80	Alto
	> 0,81	Muy Alto
Calcio Intercambiable mEq/100gr	Rango	Valoración
	< 2,0	Muy bajo
	2,01 - 5,00	Bajo
	5,01 - 9,00	Medio

	9,01 - 15,00	Alto
	> 15,01	Muy Alto
	Rango	Valoración
Magnesio Intercambiable mEq/100gr	< 0,25	Muy bajo
	0,26 - 0,50	Bajo
	0,51 - 1,00	Medio
	1,01 - 2,00	Alto
	> 2,01	Muy Alto
	Rango	Valoración
Potasio Intercambiable mEq/100gr	< 0,12	Muy bajo
	0,13 - 0,25	Bajo
	0,26 - 0,51	Medio
	0,52 - 0,64	Alto
	> 0,65	Muy Alto
	Rango	Valoración
Sodio Intercambiable mEq/100gr	< 0,15	Muy bajo
	0,16 - 0,20	Bajo
	0,21 - 0,30	Medio
	0,31 - 0,40	Alto
	> 0,41	Muy Alto

Fuente: Mendoza y Espinoza (2017),

Tabla 9

Saturación de bases

% Saturación de bases	Valoración
< 50%	Suelo muy ácido. Aconsejable una enmienda caliza.
50% – 90%	Suelo medio. Su riqueza dependerá de la C.I.C. total.
> 90%	Suelo saturado de bases. pH neutro o básico.

Fuente: González (2015).

Tabla 10

Suma de Saturación de bases

Rango	Valoración
< 3,00	Muy bajo

3,01 – 6,00	Bajo
6,01 – 11,00	Medio
11,01 – 15,00	Alto
> 15,01	Muy alto

Fuente: Mendoza y Espinoza (2017).

2.2.7. Indicadores de calidad de suelo

Chávez (2010) señala que deben de ser de uso práctico y útiles a través de condiciones socioeconómicas y ecológicas (Tabla 11).

Karlen, et al. (1997) citado por Chávez (2010) proponen que la evaluación de la calidad del suelo se basa en funciones críticas de este:

- Permitir la entrada de agua,
- Retener y suministrar agua para las plantas,
- Resistencia a la degradación y
- Sostener el crecimiento de las plantas.

Chávez (2010) mencionan la existencia de tipos de indicadores de los cuales tenemos:

Indicadores visibles. Pueden obtenerse por la observación directa o por interpretación fotográfica.

Indicadores físicos. Esto está en función a las propiedades físicas del suelo.

Indicadores químicos. En este caso se evalúan los procesos químicos que se llevan a cabo en el suelo, presencia de contaminantes y/o resultados de análisis.

Tabla 11

Conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos propuesto para monitorear los cambios que ocurren en el suelo

Propiedad	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades relevantes ecológicamente; comparaciones para evaluar
-----------	---	--

Física

Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo	% de arena, limo y arcilla, pérdida del sitio o posición del paisaje
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad	minutos/2.5 cm de agua y g/cm ³
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica	% (cm ³ /cm ³), cm de humedad aprovechable/30 cm; intensidad de precipitación

Químicas

Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión	Kg de C o N ha ⁻¹
pH	Define la actividad química y biológica	Comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana	dSm ⁻¹ ; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana.
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental	Kg ha ⁻¹ ; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos.

Biológicas

C y N de la biomasa microbiana	Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica	Kg de N o C ha ⁻¹ relativo al C y N total o CO ₂ producidos
Respiración, contenido de humedad y temperatura	Mide la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa	Kg de C ha ⁻¹ d ⁻¹ relativo a la actividad de la biomasa microbiana; pérdida de C contra entrada al reservorio total de C

N potencialmente Productividad del suelo y Kg de N ha⁻¹d⁻¹ relativo al contenido de C mineralizable. suministro potencial de N y N total.

Doran y Parkin (1996) citado por Chávez (2010).

2.2.8. Acidez del suelo

FAO (2016) Un pH más bajo del suelo debido a la acumulación de iones H⁺ y Al³⁺ en el suelo y la pérdida de cationes básicos como Ca²⁺ (calcio), Mg²⁺ (magnesio), K⁺ (potasio) y Na⁺ (sodio), lo llamamos acidez del suelo. Las principales causas de la acidez del suelo son el drenaje de suelos potencialmente ácidos, la deposición ácida, el uso excesivo de fertilizantes a base de amonio, la deforestación y las prácticas de manejo del suelo que eliminan los residuos de cultivos. La acidificación de las capas superior e inferior del suelo (pH < 5,5) afecta aproximadamente al 30 % y al 75 % de la superficie libre de hielo del planeta, respectivamente (FAO, 2016). En la figura 2 muestra el grado de acidificación del suelo en todo el mundo. La acidificación del suelo es el resultado de la extracción diferencial de nutrientes calcio y magnesio de la capa superior del suelo debido a las actividades agrícolas en el área, sin olvidar que otras causas pueden causar acidificación secundaria depende de la fuente del material, por ejemplo, profundidad del suelo, lluvia, descomposición de materia orgánica, vegetación natural o residuos ácidos dejados en el suelo por la fertilización nitrogenada (Gambaudo, 2007).

El origen de la acidez en los suelos agrícolas, se debe a la extracción diferencial de los nutrientes calcio y magnesio de la capa arable por las actividades agrícolas que se realiza dentro de esa área, sin olvidar que otras causas que pueden generar una acidez depende del material parental (figura 2), la profundidad del suelo, las precipitaciones, la descomposición de la materia orgánica, la vegetación natural, o por el residuo ácido que dejan en el suelo los fertilizantes nitrogenados (Gambaudo, 2007).

Figura 2

Mapa global de los índices de acidez de suelo y sus tendencias a su recuperación



Fuente: FAO (2016).

2.2.9. Factores que intervienen en la acidez de los suelos

Los factores que hacen que el suelo tenga un determinado valor de pH son diversos

(Pereira et al. 2011).

- Tipo de material: material ácido o alcalino.
- Factores biológicos: residuos ácidos de la materia orgánica.
- Lluvias: tienden a acidificar el suelo y drenar el agua al reemplazar el H^{+1} del agua de lluvia por Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , Na^{+1} de los intercambiadores.
- Complejo de adsorción: depende de si está saturado con los cationes reactivos primarios. (Ca^{+2} , Mg^{+2}) o reacción ácida (H^{+1} o Al^{+3}). Además, dependiendo de la naturaleza del intercambiador, variará la facilidad con la que se liberan los iones absorbidos.

2.2.10. Residuos de construcción y demolición

Son los residuos generados por las actividades y procesos de construcción, renovación, restauración, reforma y demolición de edificios e infraestructuras. La generación de escombros en el proceso de construcción puede ocurrir en una variedad de formas y procesos que conforman el trabajo general de la obra (Minam, 2016)

- **Composición de los residuos sólidos de construcción y demolición**

De acuerdo al informe de la situación actual de la gestión de residuos sólidos no municipales los RCD se clasifican en (MINAM, 2008).

- Desmonte limpio, Plástico
- Ladrillos, azulejos y otros cerámicos, Metales
- Concreto, Asfalto, Piedra, Yeso
- Arena, grava, Papel, Madera, Basura
- Vidrio, Residuos Peligrosos

- **Manejo de los residuos de la construcción y demolición de obras**

El manejo de los RCD está destinados a prevenir riesgos para la salud, proteger y promover la calidad del medio ambiente, proteger y promover la calidad de la salud y el bienestar, teniendo en cuenta su categorización y determinación, disponiéndolos selectivamente de manera sanitaria y ambientalmente óptima. Los RCD contienen materiales que pueden ser reaprovechados, como son el desmonte limpio, concreto y otros materiales de demolición, tejas, tragaluces y claraboyas, soleras prefabricadas, tableros, placas sándwich, puertas, ventanas, revestimientos de piedra, elementos prefabricados de hormigón, pavimentos flotantes, elementos de decoración, vigas y pilares, elementos prefabricados de hormigón, entre otros (Minam, 2016).

2.3. Marco conceptual

1. **Agricultura:** Un conjunto de actividades y conocimientos generados por el hombre para cultivar la tierra, cuyo propósito es obtener productos vegetales (como vegetales, frutas, granos y hierbas) para proporcionar nutrición a humanos y animales (Coll, 2021).
2. **Aguas ácidas:** son aguas producidas por oxidación biológica y química de sulfuros metálicos, especialmente pirita o pirotita, que eventualmente se formarán en vertederos, actividades de residuos biológicos, residuos domésticos, etc (Aduvire, 2018).
3. **Calidad de suelo:** limitada al reconocimiento de las funciones del suelo: contribuye a la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); reducir la contaminación ambiental y los patógenos (calidad ambiental); y promover la sanidad vegetal, animal y humana (García et al. 2012).
4. **Organismos Extremófilos:** Son organismos (generalmente microorganismos) que viven en ambientes extremos, entendidos como muy diferentes a los que se encuentran en la mayoría de las formas de vida en la tierra (Pilling et al. s/f).
5. **Sulfuros:** combinación del azufre (número de oxidación -2) con un elemento químico o con un radical (Cruz et al. 2006).
6. **Suelos sulfúricos:** este es un suelo natural, sedimento o sustrato orgánico (como la turba) que se forma bajo condiciones de inundación. Estos suelos contienen minerales de sulfuro de hierro (principalmente pirita) o sus productos de oxidación (Cruz et al. 2006).

- 7. Tecnosoles:** son suelos que pueden modificarse técnicamente (Suelos “a la carta”) para aumentar la capacidad de absorción de impactos de los sistemas naturales, reparar las funciones existentes y aumentar la amortiguación y la carga crítica de los sistemas de suelo con contaminantes en el agua de trabajo (Howard y Orlicki, 2016).

2.4. Hipótesis

H1: La aplicación de tecnosoles en suelos ácidos del centro poblado de Chetilla controlará la acidez en los suelos agrícolas.

H0: La aplicación de tecnosoles en suelos ácidos del centro poblado de Chetilla controlará la acidez en los suelos agrícolas

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 12

Operacionalización de variables

<i>Variables e indicadores</i>						
Título	Formulación del problema	Objetivo general	Hipótesis	Variables dependiente = f(x)	Indicador	Diseño de la investigación
Efectividad de tecnosoles para el control de acidez en suelos agrícolas del centro poblado Chetilla, distrito de Conchan - provincia de chota	¿Cuál es la efectividad de tecnosoles elaborados para el control de acidez en suelos del Centro poblado Chetilla, distrito de Conchan - Distrito de Chota?	Determinar la efectividad de los Tecnosoles en el control de acidez de los suelos agrícolas del centro poblado de Chetilla, distrito de Conchan - distrito de Chota.	<p>H1: La aplicación de tecnosoles en suelos ácidos del Centro poblado de Chetilla controlará la acidez</p> <p>H0: La aplicación de tecnosoles en suelos ácidos del Centro Poblado de Chetilla no controlará la acidez.</p>	Acidez del suelo	pH Disponibilidad de nutrientes Carbono orgánico CIC Materia orgánica.	Diseño completamente aleatorizado (DCA) desbalanceado, con 6 tratamientos: 01 testigo con 02 repeticiones y 05 tecnosoles (T1, T2, T3, T4, T5) con 08 repeticiones cada uno, totalizando 42 unidades experimentales utilizadas para la evaluación del efecto de los tecnosoles en la acidez de los suelos del centro poblado de Chetilla

Problemas específicos	Objetivos específicos	variable independiente (x):	Indicadores
	(i) Determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos; (ii) Evaluar el pH los tecnosoles durante el proceso de formación previo al ensayo; (iii) Evaluar el efecto de los tecnosoles en la acidez de los suelos; (iv) Evaluar el efecto de los tecnosoles en las propiedades químicas de los suelos.	Tecnoles elaborados a base de residuos	Textura Estructura, Densidad aparente Porosidad Permeabilidad pH Capacidad de intercambio Materia orgánica Carbono orgánico

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Los suelos evaluados se colectaron en el centro poblado de Chetilla, ubicado en el distrito de Conchan, provincia de Chota, departamento de Cajamarca ($6^{\circ}28'35.62''$ S, $78^{\circ}35'55.27''$ W) a una altitud de 2 776 m.s.n.m. (Figura 3). Presenta un clima húmedo templado con una temperatura media de 17°C y 12°C y precipitación promedio anual de 1 500 mm, con una estación lluviosa de enero a abril y estación seca de junio a septiembre.

Figura 3

Mapa de ubicación del área de estudio



3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación fue de tipo experimental porque implicó la manipulación directa de las variables independientes, es decir se decidió qué tipos de tratamientos serían estudiados con la finalidad de determinar su efecto sobre la acidez del suelo, manteniendo homogéneas las variables exógenas: suelo, condiciones ambientales, y riego. Los tratamientos fueron 01 testigo y 05 tecnosoles elaborados a partir de diferentes proporciones de residuos: cáscara de huevos, residuos orgánicos fermentados (residuos orgánicos domésticos fermentados), residuos forestales (hojarasca, necro masa, podas, aclareo), y residuos de construcción (cemento, mortero, ladrillos, bloques de hormigón, yeso). El estudio fue de nivel “transversal” porque se realizó por única vez en el tiempo, y según su finalidad fue de tipo “aplicado” porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos (Behar Rivero, 2008; Hernández Escobar et al. 2018).

3.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación aplicado fue el diseño completamente aleatorizado (DCA) desbalanceado, con 6 tratamientos: 01 testigo con 02 repeticiones y 05 tecnosoles (T1, T2, T3, T4, T5) con 08 repeticiones cada uno, totalizando 42 unidades experimentales utilizadas para la evaluación del efecto de los tecnosoles en la acidez de los suelos del centro poblado de Chetilla (Tabla 13).

Tabla 13

Distribución de unidades experimentales en el ensayo

	Tratamiento		Repetición (Y _{i,j})					
	1	2	3	4	5	6	7	8
Testigo	T _{testigo.1}			T _{testigo.2}				
T1	Y _{T1.1}	Y _{T1.2}	Y _{T1.3}	Y _{T1.4}	Y _{T1.5}	Y _{T1.6}	Y _{T1.7}	Y _{T1.8}
T2	Y _{T2.1}	Y _{T2.2}	Y _{T2.3}	Y _{T2.4}	Y _{T2.5}	Y _{T2.6}	Y _{T2.7}	Y _{T2.8}
T3	Y _{T3.1}	Y _{T3.2}	Y _{T3.3}	Y _{T3.4}	Y _{T3.5}	Y _{T3.6}	Y _{T3.7}	Y _{T3.8}
T4	Y _{T4.1}	Y _{T4.2}	Y _{T4.3}	Y _{T4.4}	Y _{T4.5}	Y _{T4.6}	Y _{T4.7}	Y _{T4.8}

T5 Y_{T5.1} Y_{T5.2} Y_{T5.3} Y_{T5.4} Y_{T5.5} Y_{T5.6} Y_{T5.7} Y_{T5.8}

Nota: T1: tecnosol 1; tecnosol 2, tecnosol 3, tecnosol 4, tecnosol 5. Y_{i,j}:

Unidad de muestro con el tratamiento i, en la repetición j.

Los 05 tecnosoles utilizados fueron elaborados con diferentes proporciones de residuos descritos en la Tabla 14.

Tabla 14

Variación de la concentración de residuos a utilizar para elaborar Tecnosoles.

Muestra: Proporciones de elementos por Tecnosol				
	CH	RF	ROF	RCD
Tn	0%	0%	0%	0%
T1	25%	25%	25%	25%
T2	10%	20%	30%	40%
T3	20%	10%	40%	30%
T4	30%	40%	10%	20%
T5	40%	30%	20%	10%

Nota: Tn (Tratamientos), CH (Cáscara de huevo), RF (Residuos Forestales), RCD

(Residuos de construcción y demolición)

3.3. Método de investigación

El estudio utilizó el método hipotético – deductivo o de contrastación de hipótesis ya que busca utilizar o precisar teorías previas en función de nuevos conocimientos, donde la dificultad del modelo no permite formulaciones lógicas es decir reside en saber cómo la verdad o falsedad del enunciado básico dice acerca de la verdad o la falsedad de la hipótesis que ponemos a prueba (Behar Rivero, 2008) por otro lado el segundo método utilizado es el de investigación – acción ya que dentro de las opciones metodológicas de este método esta la adaptación de la metodología cuantitativa, incluyendo la experimentación, control de variables, análisis estadístico, etc (Behar Rivero, 2008).

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Está constituida el área del centro poblado Chetilla, de aproximadamente 102,19 ha.

3.4.2. Muestra

La muestra fue definida en base a la guía para el muestreo de suelos de la Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Serviices (CRS) de Nicaragua (Mendoza y Espinoza, 2017), donde se establece que cuando el área es mayor a 50 ha, el número de sitios para muestreo se calcula mediante la fórmula:

$$N = 0,1 * X + 1$$

Dónde: N = número de sitios de muestreo; X = superficie en hectáreas

Reemplazando X = 102,19 ha, determinado mediante Google Earth, se obtuvo el siguiente resultado:

$$N = 0,1 * 102,19 + 1 \rightarrow N = 11,21 \text{ muestras} \rightarrow N = 11 \text{ sitios de muestreo}$$

Por tanto, el número mínimo de sitios a muestrear fue de 11.

3.4.3. Muestreo

Para la selección de los sitios de muestreo, primero se zonificó el área en base a la homogeneidad de pendiente y uso de la tierra. Así, se determinó 02 zonas: La zona I o zona baja en dirección al centro poblado de Chetilla donde se muestrearon 8 sitios, obteniendo un valor promedio de pH de 5,56; y la Zona II o Zona alta en dirección a Cutaxi límite de la Laguna el Granero, de propiedad de la Familia Núñez Cieza, donde se muestrearon 03 sitios, obteniendo un pH promedio de los suelos de 4,83, indicando mayor acidez de los suelos que los de la zona I. Por tanto, la zona II fue seleccionada para la extracción de las muestras de suelo (Figura 4).

Figura 4
Zonas y distribución de puntos muestreados



La muestra de suelo se extrajo de la capa superficial del suelo, entre 0-30 cm de profundidad (MINAM, 2014) utilizando una pala, obteniéndose en total 100 kg de suelo que fueron colocados en baldes para su posterior traslado a Chota e instalación del ensayo. La muestra de suelo correspondía a un suelo agrícola de producción de papa en su segunda campaña de siembra; anteriormente el suelo se usaba para una plantación de pino (*Pinus patula*).

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas y procedimientos.

Para la recolección de datos, la investigación se dividió en 7 etapas:

- Etapa 1: Almacenamiento del suelo
- Etapa 2: Recolección de residuos para la elaboración de tecnosoles
- Etapa 3: Preparación de residuos sólidos
- Etapa 4: Formación de tecnosoles
- Etapa 5: Instalación de ensayo (suelo – tecnosol)
- Etapa 6: Monitoreo del pH del suelo de las unidades experimentales del ensayo.
- Etapa 7: Análisis de las características físicas y químicas de los suelos del ensayo en laboratorio.

Estas etapas se describen a continuación:

Etapa 1. Almacenamiento del suelo

Las muestras de suelo fueron mezcladas para homogenizar sus características físicas y químicas. Luego la mezcla de suelos se colocó en 40 maceteros de 2,5 kg cada uno, bajo techo protegido de la lluvia y animales, con radiación, humedad y temperatura ambiente.

Etapa 2: Recolección de residuos sólidos para la elaboración de tecnosoles

Se recolectaron diferentes tipos de residuos presentes en el área de estudio, tales como cáscara de huevos, residuos orgánicos fermentados (residuos orgánicos domésticos

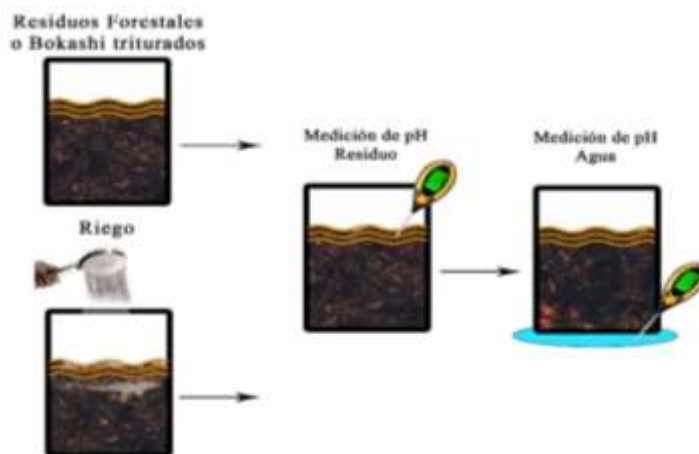
fermentados), residuos forestales (hojarasca, necro masa, podas, aclareo), y residuos de construcción (cemento, mortero, ladrillos, bloques de hormigón, yeso).

Etapa 3: Preparación de residuos sólidos

En esta etapa se trituraron los residuos recolectados hasta generar partículas del tamaño de granos de arena. Los residuos orgánicos y forestales fueron triturados con un molino manual, mientras que los residuos de construcción se trituraron por medio de una comba. Posteriormente, los residuos orgánicos y los residuos forestales se colocaron separadamente en baldes de descomposición con 02 litros de agua, durante 15 días con el fin de eliminar elementos ácidos que se generan al descomponerse los restos orgánicos. Se monitoreo el pH del agua de los residuos en descomposición a cada 5 días (Figura 5).

Figura 5

Proceso de descomposición de los residuos forestales (R.F) y residuos orgánicos fermentados (B)



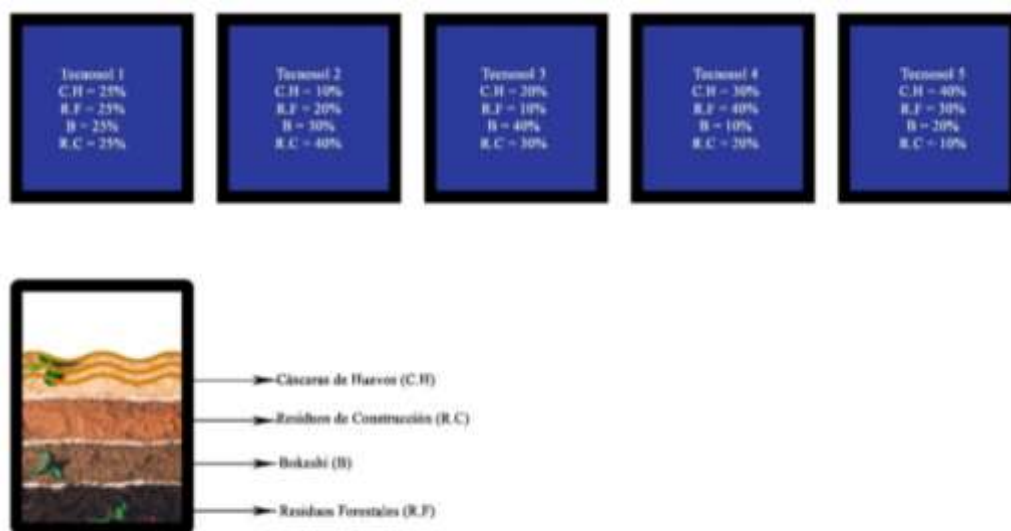
Etapa 4: Formación de tecnosoles

En esta etapa se mezclaron los 5 tipos de residuos en diferentes proporciones indicadas en la Tabla 14, las mezclas fueron colocados en baldes con entradas y salidas de agua y gases (figura 6) para la formación de los tecnosoles durante un periodo de 60 días. El periodo de formación de 60 días se definió como un promedio de otros estudios que

usaron un periodo de formación de 30 días (Santos et al. 2019), o de 90 días (Moreno-Barriga et al. 2017) con buenos resultados.

Figura 6

Croquis y estructura de residuos para la elaboración de tecnosoles



Durante ese tiempo de formación se monitoreó el pH de los tecnosoles a cada 15 días con la finalidad de conocer la variación del pH de los tecnosoles a lo largo del tiempo de formación, y consecuentemente conocer los tecnosoles con más alto pH que serían más efectivos para la reducción de la acidez del suelo. Para esto, se utilizaron 02 pH-metros (01 para suelo y 01 para agua) (Figura 7).

Figura 7

Procedimiento utilizado para la recolección de datos en la formación de tecnosoles



Etapa 5: Instalación del ensayo (suelo – tecnosol)

Pasado los 60 días de formación de los tecnosoles, más 15 días de secado, se procedió a colocar los tecnosoles en contacto con el suelo en maceteros, de acuerdo al diseño experimental (Figura 8). El ensayo se mantuvo en un espacio cerrado con homogeneidad de los factores ambientales para todas las unidades experimentales.

Figura 8

Croquis experimental del ensayo



Etapa 6: Monitoreo del pH del suelo de las unidades experimentales del ensayo

En esta etapa se realizó el riego de las unidades experimentales (maceteros) con 500 ml de agua, a cada tres días durante 90 días. Durante el riego se midió el pH de ingreso del agua, pH de salida del agua y el pH del suelo como parámetros indicadores de acidez del suelo. Además, se monitoreo la temperatura del ambiente del ensayo (Tabla 15 y Figura 9).

Tabla 15*Método de evaluación y el porcentaje suelo – tecnosol*

Trat	Suelo	Tecnosol	Ubicación	Repetición	Frecuencia de medición
T	2 Kg	0	Invernadero	1	Cada 3 días
T1	2 Kg	0,2 kg	Invernadero	4	Cada 3 días
T2	2 Kg	0,2 kg	Invernadero	4	Cada 3 días
T3	2 Kg	0,2 kg	Invernadero	4	Cada 3 días
T4	2 Kg	0,2 kg	Invernadero	4	Cada 3 días
T5	2 Kg	0,2 kg		4	Cada 3 días

T: Testigo

Ti: Tratamiento

Figura 9*Modelo de evaluación de Tecnosol*

Etapas 7: Análisis de las características físicas y químicas de los suelos del ensayo en laboratorio

La selección de parámetros analizables a la muestra de suelos tratados, testigos y tecnosoles en laboratorio luego del tratamiento con tecnosoles se determinó con la guía para el muestreo de suelos de la Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Serviices (CRS) de Nicaragua.

a) Parámetros fisicoquímicos

- Textura (arena, limo y arcilla)
- Reacción actual (pH)

- Reacción potencial (pH)
- Conductividad eléctrica (C.E)
- Materia orgánica (MO)
- Nitrógeno total (N)
- Fósforo disponible (P)
- Potasio disponible (K)
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)
- Calcio intercambiable (Ca)
- Magnesio intercambiable (Mg)
- Potasio intercambiable (K)
- Sodio intercambiable (Na)
- Aluminio intercambiable (Al)
- Saturación de bases
- Acidez de cambio

3.6. Instrumentos de recolección de datos

- **Entrevista:** Se realizó una entrevista no estructurada a los dueños de las parcelas de las muestras de suelo recolectados para indagar sobre el uso del suelo y la fertilidad del suelo utilizado para la producción de papa.
- **Observación de campo no experimental:** Se utilizaron guías de campo como instrumento metodológico para obtener datos de las muestras de suelo a utilizar en el ensayo (Guía de la Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Serviices (CRS) de Nicaragua).
- **La observación experimental:** Con este instrumento se registró el comportamiento del pH en la etapa de descomposición de residuos forestales,

residuos domiciliarios, proceso de formación de tecnosoles, y durante el ensayo experimental. Para ello se utilizó la ficha de registro como instrumento.

- **Análisis documental:** Se optó por el análisis de información secundaria a través de libros, boletines, revistas, folletos, etc. para recolectar información sobre el estado del arte de la investigación.
- **Análisis de laboratorio:** Con esto se buscó conocer los parámetros físicos y químicos de los suelos y tecnosoles utilizados en la investigación, el instrumento fue el reporte de laboratorio del laboratorio Tecnología y desarrollo agrícola J.D.S.R.L

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para determinar la variabilidad del efecto de los tecnosoles en los suelos del centro poblado de Chetilla instalados en un bioensayo se utilizó el método de Tukey y cuadro de análisis de la varianza ANOVA, además del software Microsoft Excel y RStudio.

Todos los datos obtenidos de la aplicación del diseño completamente al azar (DCA) se procesaron en Microsoft Excel y RStudio y se presentan mediante tablas, gráficos, figuras en las que se mostraron los valores de pH actual, pH potencial, M.O %, P disponible, K disponible, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Al, Ca, Mg, K, Na intercambiables, Saturación de bases de los tratamientos T1, T2 y T3 con sus medias respectivas para cada tratamiento y comparado con el testigo.

3.7.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza (ANOVA) es un método de análisis de diseños experimentales donde intervienen más de dos niveles de Factor (es) o tratamientos.

3.7.2. Modelo

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_j \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, k \\ j = 1, 2, \dots, n \end{array} \right.$$

Donde:

Y_{ij} : es la ij . esima respuesta, con el i esimo tratamiento en la j esima repetición.

μ : media global de tratamientos

τ_i : efecto del i – esimo tratamiento

ε_{ij} : componente aleatoria del error.

Hipótesis:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0$$

H_i : al menos un τ_i produce efecto diferente

3.7.2.1. ANOVA unifactorial

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad
Tratamiento	$SS_{\text{Tratamientos}} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_{i.}^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$k - 1$
Residual	$SS_{\text{Error}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - Y_{i.})^2$	$N - k$
Total corregido por media	$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$N - 1$

SST: suma de cuadrados de tratamientos

SS_E : suma de cuadrados de estimación de errores

SST: Suma de cuadrados totales

3.7.3. Estadístico de prueba.

$$F_0 = \frac{SS_{\text{Tratamiento}}/(k-1)}{SS_{\text{error}}/(N-k)} = \frac{MS_{\text{Tratamiento}}}{MS_{\text{Error}}} \sim F_{(k-1, N-k)}$$

Si se cumple que $F_0 > F_{\alpha, (k-1), (N-k)}$, entonces se rechaza H_0

3.8. Aspectos éticos.

La presente investigación se realizó de acuerdo a los tres principios básicos como son el respeto a los seres vivos, búsqueda del bien y la justicia.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Propiedades físicas y químicas de los suelos del centro poblado de Chetilla

Previo a conocer el efecto de los diferentes tecnosoles en el suelo agrícola del centro poblado de Chetilla, se analizó en laboratorio sus propiedades físicas y químicas para conocer el estado de los suelos objeto de estudio (Tabla 16) y poder hacer la comparación respectiva con el efecto de los tecnosoles: T1, T2 y T3.

Los resultados de las propiedades físicas y químicas de los suelos (Tabla 16), indican que los suelos estudiados son extremadamente ácidos, franco arcillo arenoso, bajos en materia orgánica, pobres en nutrientes, con alta acidez de cambio, según la bibliografía citada (Tabla 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8) (Mendoza y Espinoza, 2017; González, 2015; MINAGRI, 2009).

Tabla 16

Propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas del centro poblado de Chetilla previo a la aplicación de los tratamientos

Parametros	Resultado Testigo	Unidades
Arena	60	%
Limo	13	%
Arcilla	27	%
Reacción actual	3,74	pH
Reacción potencial	3,33	pH
Al cambiabile	8,1	(me/100g)
Calcáreo total	0	%
C. E.	759	(μ mohs/cm)
C. E. actual	706,5	(μ mohs/cm)
M.O.	1,5	%
N total	0,07	%
P disponible	6,19	ppm
K disponible	79,99	ppm
C.I.C.	17,05	me/100g
Ca cambiabile	2,34	me/100g
Mg cambiabile	0,23	me/100g
K cambiabile	0,12	me/100g
Na cambiabile	0	me/100g

Saturación de bases	15,81	%
Acidez de cambio	14,36	me/100g

Fuente: elaborado en base al reporte del laboratorio de tecnología y desarrollo agrícola J.D.

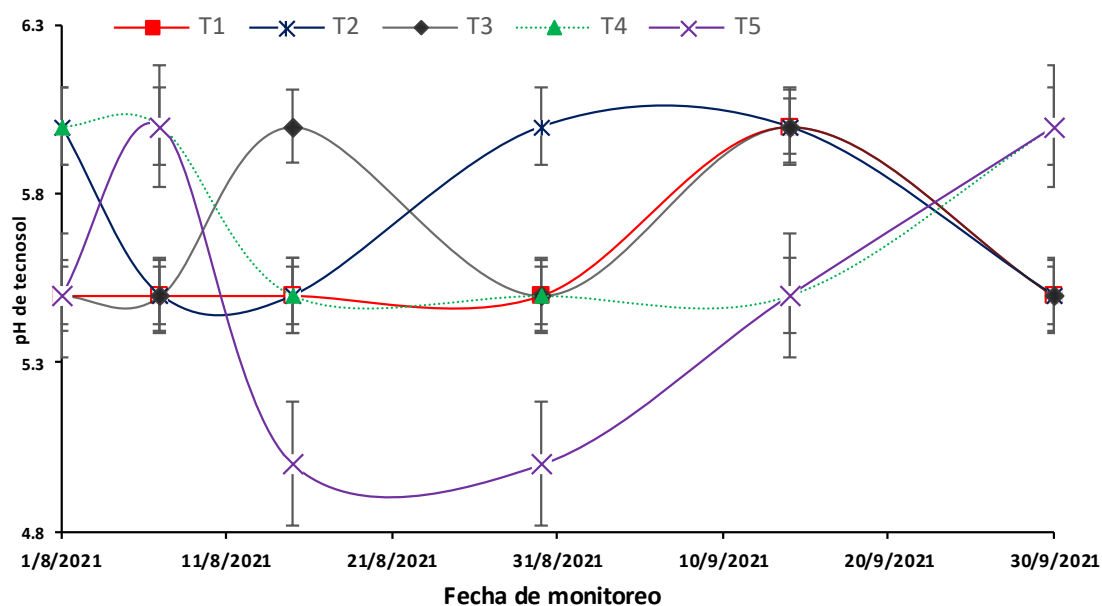
S.R.L.

4.1.2. Formación de los tecnosoles

Antes de realizar el ensayo, los tecnosoles pasaron por un periodo de formación de dos meses, durante el cual se monitoreó el pH. La variación del pH durante el proceso de formación no fue considerable, y el valor pH final de los tecnosoles varió entre 5,5 y 6, con un error del equipo de $\pm 0,5$ unidades de pH (Figura 10). Los datos finales medidos fueron los siguientes: T1 – 5,5; T2 – 5,5; T3 – 5,5; T4 – 6; T5 – 6.

Figura 10

Valor de pH medido en tecnosol en proceso de formación en periodo de 60 días



4.1.3. Efecto de los tecnosoles en la acidez del suelo

Los valores finales de pH de los suelos medidos con el equipo pH-metro digital mostraron que los suelos tratados con cualquiera de los Tecnosoles (T1, T2, T3, T4, y T5) tuvieron un pH significativamente mayor que las muestras sin aplicación de tecnosoles (testigo) (Tabla 17), destacando los tecnosoles T2 y T4 seguidos de T1, T3, y T5 (Figura 11). Los valores de pH del

suelo después de 90 días fueron los siguientes: T1 = 4,30; T2 = 4,74; T3 = 4,18; T4 = 4,80; T5 = 4,30; y Testigo = 3,74. Estos resultados indican que las aplicaciones de los tecnosoles reducen significativamente la acidez de los suelos.

Tabla 17

Análisis de varianza (ANOVA).

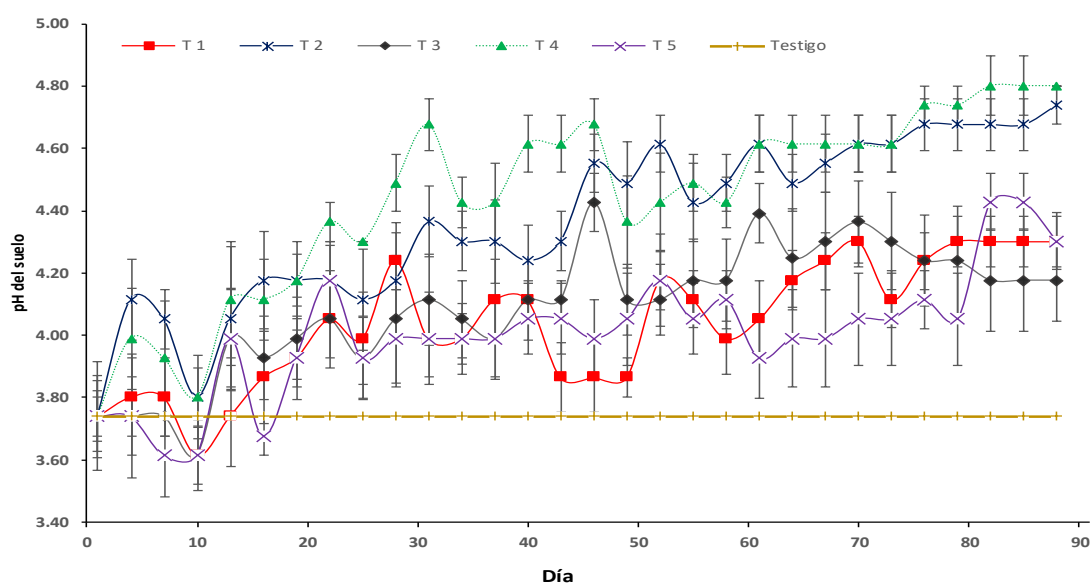
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)
Tratamientos	5	35	07	1,222	2.93E- 16 ***
Residuos	24	0,137	00,057		

Significado de códigos: 0 '***' 0,001 '**' 0,01*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Nota: Valor $p < 0,05$ indica diferencias significativas entre los tratamientos.

Figura 11

Distribución de las medias del pH del suelo en los tecnosoles evaluados por ensayo.

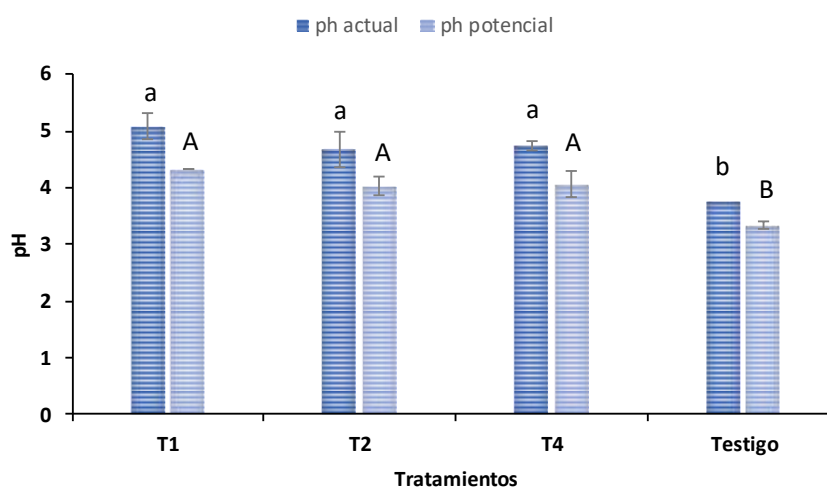


Asimismo, se realizó el análisis de laboratorio de los Tecnosoles que mostraron mejores resultados en el ensayo, estos son: T2, T4, y T1. Concordante con los resultados medidos con el pH-metro, los análisis de laboratorio muestran que los tecnosoles T1, T2 y T4, incrementaron significativamente el pH actual y pH potencial de los suelos en relación con el testigo (Figura 12); además no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos T1, T2 y T4,

indicando un efecto similar entre estos tratamientos en el pH de los suelos (Tabla 21). Los valores medios de pH fueron de 5,08 en T1, 4,68 en T2, y 4,75 en T4, calificando como suelo modernamente ácido a fuertemente ácido, mientras que para el testigo el pH fue de 3,74 que califica como suelo extremadamente ácido (Mendoza y Espinoza, 2017; MINAGRI, 2009).

Figura 12

Medias de pH actual y potencial analizados en laboratorio.



Nota: Las barras de error expresan la desviación estándar. Las letras diferentes encima de las barras indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$). de 3 unidades de muestreo de los tratamientos T1, T2 y T4 y testigo.

En las Tabla 18 se muestran las comparaciones múltiples de Tukey para la variable de pH actual y pH potencial al ser expuesto el suelo sin tecnosol.

Tabla 18

Comparación múltiple de Tukey para la variable pH actual y pH potencia.

Comparación	pH actual	pH potencial
T2 - T1	0,524 ns	0,535 ns
T4 - T1	0,649 ns	0,633 ns
T - T1	0,006 *	0,006 *
T4 - T2	0,996 ns	0,998 ns
T - T2	0,040 *	0,040 *
T - T4	0,029 *	0,031 *

Nota: Valor $p \leq 0,05$ indica diferencia significativa (*), valor $p > 0,05$ indica diferencia no significativa (ns) entre las medias de los tratamientos.

4.1.4. Efecto de los Tecnosoles en las propiedades químicas de los suelos

Los resultados de la presente investigación indican que los tecnosoles también son efectivos para la incorporación de MO, P, K, y bases de cambio (Tabla 19).

Tabla 19

Análisis de varianza (ANOVA).

Variable	Valor p
pH actual	0,00735 **
pH potencial	0,00735 **
MO	0,0082 **
P	0,144 ns
K	0,00996 **
CIC	0,0082 **
Bases de cambio	
Ca ²⁺	0,00984
Mg ²⁺	0,00982 **
K ⁺	0,00211 **
Na ⁺	0,0855 **
Al ³⁺	0,00294 **
Porcentaje de saturación de bases	0,00736 **

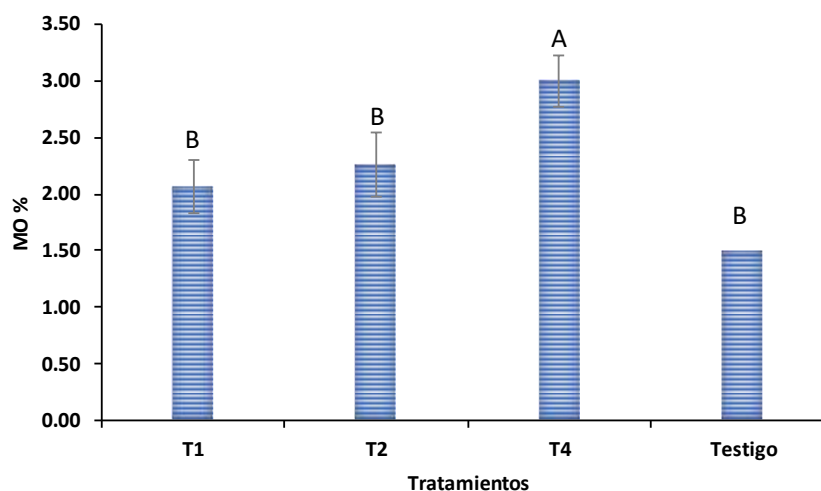
Nota: Valor $p \leq 0,05$ indica diferencia significativa (*), valor $p > 0,05$ indica diferencia no significativa (ns) entre las medias de los tratamientos.

Los suelos tratados con los tecnosoles presentaron valores más altos de MO que el testigo, sin embargo, sólo el tecnosol T4 logró diferencias significativas con el testigo. Los valores medios fueron de 2,07% en T1, 2,27% en T2, y 3% en T4; en contraste, el testigo tuvo valores de 1,5% de MO (Figura 13).

Estos resultados, indican que los suelos tratados con T1, T2, y T4, tienen un contenido moderado de MO, mientras que el suelo del testigo tiene un bajo contenido de MO (Mendoza y Espinoza, 2017).

Figura 13

Medias de materia orgánica, analizados en laboratorio



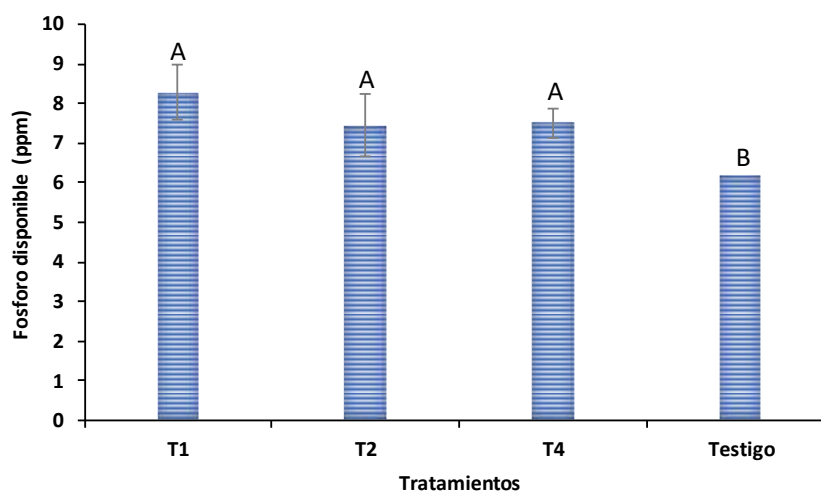
Nota: Las barras de error expresan la desviación estándar. Las letras diferentes encima de las barras indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$). de 3 unidades de muestreo de los tratamientos T1, T2 y T4 y testigo.

El contenido de fósforo disponible (P) de los suelos del centro poblado de Chetilla están por debajo de las 6,19 ppm, lo cual los clasifica como suelos con contenido muy bajos en P (Mendoza y Espinoza, 2017; MINAGRI, 2009). El ANOVA y comparaciones múltiples de Tukey indicaron que no existen diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo para P (Figura 14).

Sin embargo, a escala agronómica sí se observó un incremento considerable de P en los suelos tratados con Tecnosoles en relación al testigo, con valores de 8,29 ppm, 7,45 ppm y 7,51 ppm para los tratamientos T1, T2, y T4, respectivamente, representando un incremento entre 1.25 ppm a 2.10 ppm de P con la aplicación de los tecnosoles. Así, los suelos pasaron de ser pobres en P a ser mediamente fértiles en un periodo de 03 meses.

Figura 14

Medias de fósforo disponible, analizados en laboratorio.

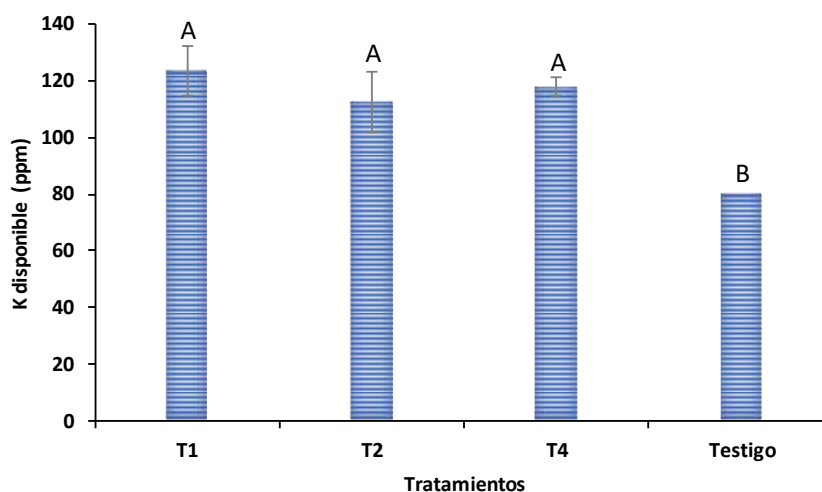


Nota: Las barras de error expresan la desviación estándar. Las letras diferentes encima de las barras indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$). de 3 unidades de muestreo de los tratamientos T1, T2 y T4 y testigo.

El contenido de potasio disponible (K) de los suelos del centro poblado de Chetilla están por debajo de las 79,99 ppm, lo cual los clasifica como suelos con contenido muy bajos en K (Mendoza y Espinoza, 2017; MINAGRI, 2009). El ANOVA y comparaciones múltiples de Tukey indicaron que existen diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo (Figura 15). En los suelos tratados con Tecnosoles en relación al testigo, se muestran valores de 123,70 ppm, 112,46 ppm y 117,91 para los tratamientos T1, T2, y T4, respectivamente, representando un incremento entre 32,47 ppm a 43,70 ppm de K con la aplicación de los Tecnosoles. Así, los suelos pasaron de ser pobres en P a ser mediamente fértiles en un periodo de 03 meses.

Figura 15

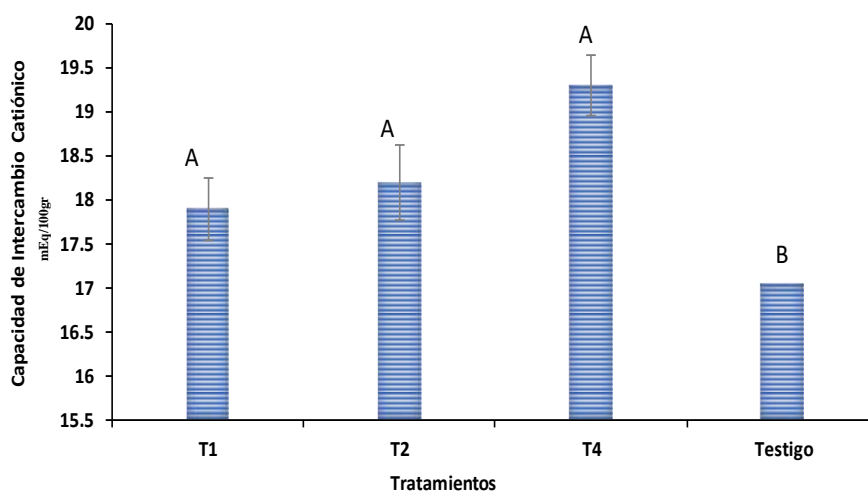
Medias de saturación de potasio disponible.



Nota: Las barras de error expresan la desviación estándar. Las letras diferentes encima de las barras indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$). de 3 unidades de muestreo de los tratamientos T1, T2 y T4 y testigo.

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de los suelos del centro poblado de Chetilla están por debajo de los 17,05 mEq/100 gr, lo cual los clasifica como suelos con baja CIC y con valoración de suelo pobre, según González (2015); Mendoza y Espinoza (2017).

El ANOVA y comparaciones múltiples de Tukey indicaron existieron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de T4 y Testigo, pero no existieron diferencias significativas entre los tratamientos T1, T2, y Testigo (Figura 16). En los suelos tratados con Tecnosoles en relación al testigo, se muestran valores de 17,9 mEq/100 gr, 18,2 mEq/100 gr y 19,3 mEq/100 gr. para los tratamientos T1, T2, y T4, respectivamente, representando un incremento entre 0,85 mEq/100 gr a 2,25 mEq/100 gr de la CIC con la aplicación de los tecnosoles.

Figura 16*Medias de CIC, analizados en laboratorio*

Nota: Las barras de error expresan la desviación estándar. Las letras diferentes encima de las barras indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$). de 3 unidades de muestreo de los tratamientos T1, T2 y T4 y testigo.

Los valores medios en las bases intercambiables más importantes de los suelos tratados con tecnosoles se muestran en la tabla N° 20.

Tabla 20*Medias de bases intercambiables de suelos tratados*

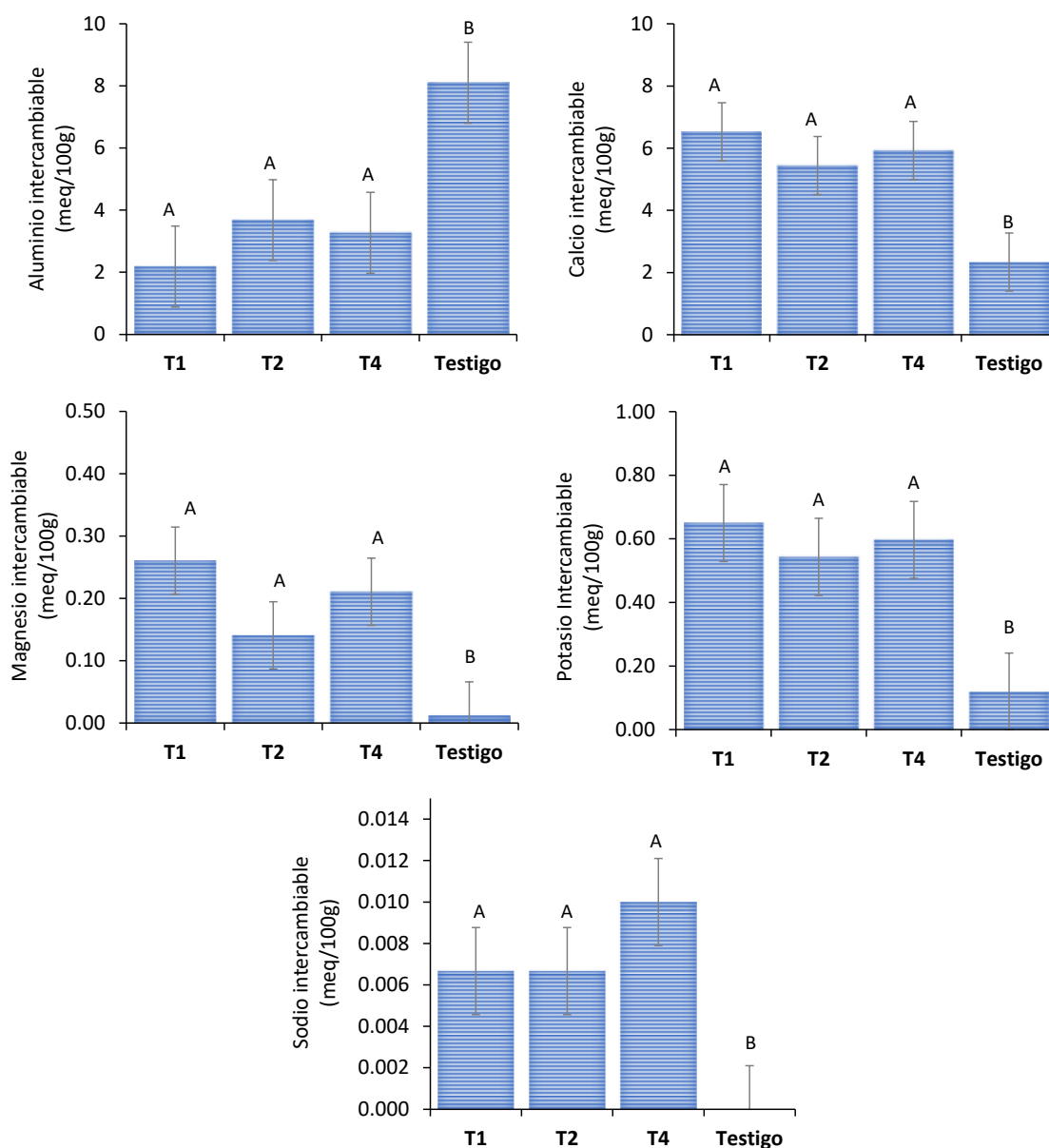
Base intercambiable	Tratamientos			
	T1	T2	T4	Testigo
Aluminio (mEq/100gr)	2,18 mEqAl/100gr	3,68 mEqAl/100gr	3,27 mEqAl/100gr	8.1 mEqCa/100gr
Calcio (mEq/100gr)	6,53 mEqCa/100gr	5,44 mEqCa/100gr	5,93 mEqCa/100gr	2.34 mEqCa/100gr
Magnesio (mEq/100gr)	0,65 mEqMg/100gr	0,54 mEqMg/100gr	0,60 mEqMg/100gr	0.23 mEqCa/100gr
Potasio (mEq/100gr)	0,65 mEqK/100gr	0,54 mEqK/100gr	0,60 mEqK/100gr	0.12 mEqCa/100gr
Sodio (mEq/100gr)	0,01 mEqNa/100gr	0,01 mEqNa/100gr	0,01 mEqNa/100gr	0.0 mEqCa/100gr

Los tecnosoles disminuyeron significativamente el contenido de aluminio intercambiable, e incrementaron significativamente el calcio, magnesio, potasio, y sodio intercambiable. En

todas estas variables, excepto para sodio, el tecnosol T1 fue el más destacado, seguido de T4 (Figura 17).

Figura 17

Medias de aluminio, calcio, magnesio, potasio, y sodio, intercambiable, analizados en laboratorio.

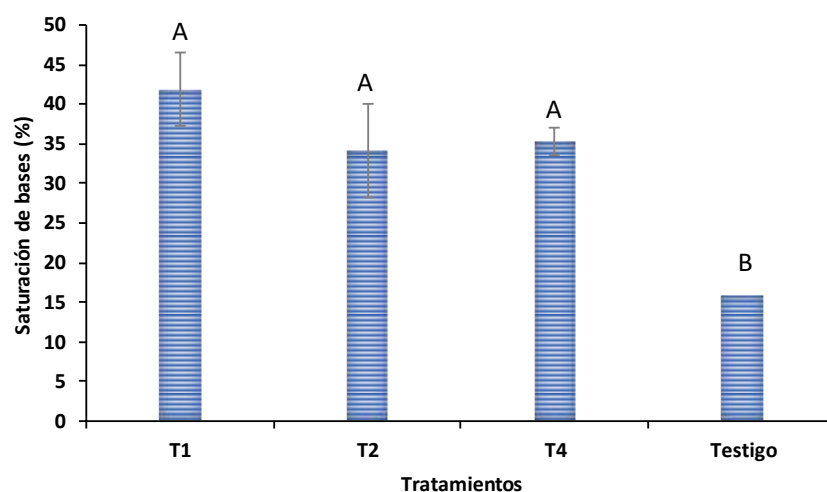


Nota: Las barras de error expresan la desviación estándar. Las letras diferentes encima de las barras indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$). de 3 unidades de muestreo de los tratamientos T1, T2 y T4 y testigo.

Respecto al porcentaje de saturación de bases, todos los tecnosoles incrementaron significativamente el valor de esta variable, destacando el tecnosol T1, seguido del T4, y por último el T2, con valores de 41,86%, 35,37%, y 34,14%, respectivamente. En contraste, el porcentaje de saturación de bases del testigo, fue de apenas 15,81%. Estas cifras representan un incremento entre 18,33% a 26,05% por efecto de los tecnosoles en relación al testigo (Figura 18).

Figura 18

Medias de saturación de bases, analizados en laboratorio.



Nota: Las barras de error expresan la desviación estándar. Las letras diferentes encima de las barras indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$). de 3 unidades de muestreo de los tratamientos T1, T2 y T4 y testigo.

4.2. Contrastación de hipótesis

Los resultados de monitoreo del pH de los suelos del ensayo (Figura 11, Figura 12, y Tabla 18), mostró que la aplicación de tecnosoles disminuyó significativamente la acidez de los suelos evaluados, por tanto, la hipótesis alterna planteada es válida.

4.3. Discusiones

Los valores de pH final de los tecnosoles después del proceso de formación de dos meses (Figura 10), fueron menores a los de Santos et al. (2019) que reportan unos valores de pH de 8,1–8,4 en tecnosoles de cenizas de biomasa y mayores a 4 en tecnosoles de materiales superficiales. Por otro lado Moreno-Barriga et al. (2017) utilizó biocarbón derivado de estiércol de cerdo (PM), biocarbón derivado de residuos de cultivos (CR), biocarbón derivado de residuos sólidos municipales (MSW), utilizó el método propuesto por Sobek et al. (1978), para llegar a un pH final de 8 con una temperatura de 22 °C en condiciones aeróbicas durante 90 días.

Los resultados de acidez del suelo de los ensayos mostrados (Figura 11, Figura 12, y Tabla 18), concuerdan con otras investigaciones realizadas en España donde los tecnosoles también mostraron ser eficaces en la reducción de la acidez de los suelos de pasivos ambientales mineros (Benedicto et al. 2008; Alfaro et al. 2017; Bolaños; García; Verde; Macías, 2015; Bolaños et al. 2014; Guerrón, 2014; Vázquez y Olano, 2012; Villaverde, 2018). Asimismo, la utilización de diferentes tipos de tecnosoles en España (hiperalcalinos, reductores, impermeables, y de nutrientes) permitió mejorar el pH de las aguas ácidas provenientes de los relaves mineros, elevándolo en un rango de 4 a 7 (Garrido, 2019). Por otro lado Moreno-Barriga et al. (2017) obtuvo mejores resultados, logrando una mayor reducción de la acidez de los suelos debido a la naturaleza alcalina de los materiales utilizados en los tecnosoles (pH 7,76–8,25). En otro estudio, cuatro tecnosoles utilizados para recuperación de suelos en pasivos mineros, incrementaron el pH de los suelos (pH 5,7 > 6,0) con respecto al testigo (pH 3,7) (Santos et al. 2019). De igual manera, tecnosoles elaborados a partir de residuos de mejillones, fragmentos de madera, lodos de depuradora y cenizas de papeleras, redujeron la acidez de los suelos (Asensio et al. 2013).

Los valores de pH actual del suelo muestran incrementos de 1,34 unidades en T1, 1,01 en T4, y 0,94 en T2, en relación al testigo durante un periodo de 90 días (Tabla 19). En otra investigación, el efecto de los tecnosoles en un periodo más largo de 170 días, fue casi cuatro veces mayor, logrando incrementos en 4,6 unidades, desde un pH inicial de 3,2 a un pH final de 7,8 (Huancaya y Carrasco, 2017). Esto sugiere que los tecnosoles podrían tener un mayor efecto en un mediano o largo plazo. Además, los tecnosoles minimizan la oxidación de elementos que acidifican el suelo y multiplica enormemente la capacidad neutralizadora derivada de utilizar tecnosoles específicos (Izquiero 2008). Otro estudio también corrobora que la utilización de cáscaras de huevos como material encalante es eficaz para lograr pH cercanos a 7 en un periodo de 135 días (Huanca y García, 2019).

Si bien los efectos de los tecnosoles del presente estudio en el incremento de MO, P y K del suelo, son satisfactorios (Figura 13, Figura 14, y Figura 15)), existen reportes de mejores resultados, como el de Joimel et al. (2022) que utilizaron residuos derivados del compost, sustrato de hongo gastado y madera triturada, o el de Weiler et al. (2020) que comprobaron que la utilización de residuos de carbón y materia orgánica incrementa los parámetros de fertilidad del suelo. Estas diferencias podrían explicarse en la composición de los tecnosoles, donde en estos estudios predomina los residuos orgánicos, que contienen grandes cantidades de materia orgánica que se incorporan a los suelos, mejorando su fertilidad (Izquierdo, 2008).

La utilización de otros residuos en la composición de tecnosoles, tales como compost de lodos, desechos verdes y ladrillos, también demostraron mejorar la fertilidad del suelo, principalmente el contenido de P, en un periodo de 55 días (Vidal-Beaudet et al. (2018).

El efecto de los tecnosoles en la reducción del aluminio intercambiable, e incremento de calcio y magnesio intercambiable (Figura 16, Tabla 20, y Figura 17), se podrían explicar por la incorporación de material encalante en los tecnosoles como los residuos de construcción con rango de pH de 12 - 13 y cáscara de huevos con rango de 8 – 10 pH. Además, el contenido de

residuos forestales y residuos orgánicos fermentados en la composición de los tecnosoles habría favorecido el incremento del potasio intercambiable. Esto concuerda con los resultados de Rodríguez (2011) e Izquierdo (2008) que señalan que se recomienda la utilización de enmiendas con la restitución de algunas cargas de calcio y magnesio para la disminución de aluminio intercambiable, así como la incorporación de materia orgánica exógena para incrementar las bases del calcio, magnesio, potasio y sodio. En otro estudio, la utilización de cáscaras de huevos como encalante neutralizó el aluminio reduciendo la acidez del suelo, y obteniendo pH mayores a 5,10, 6,81 y 7,54 (Huanca y García, 2019).

Los valores de porcentaje de saturación de bases del testigo (Figura 18) reafirman que los suelos del centro poblado de Chetilla son suelos muy ácidos (Mendoza y Espinoza, 2017; González, 2015). Los resultados del ensayo muestran que los tecnosoles también tuvieron un fuerte efecto incrementando el porcentaje de saturación de bases del suelo, lo que contribuyó también a reducir la acidez de los suelos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Después de 60 días de formación, los tecnosoles T1, T2 y T3, alcanzaron un pH de 5,5, mientras que los tecnosoles T4 y T5 alcanzaron un pH de 6.
- Al aplicarse en las muestras de suelo durante 90 días, todos los tecnosoles redujeron significativamente la acidez de los suelos, es decir, incrementaron significativamente el pH de las muestras de suelo en comparación con el testigo (sin aplicación de tecnosol). Los efectos fueron mayores con los tecnosoles T1, T4, y T2, con los cuales el suelo alcanzó un pH de 5,08, 4,75, y 4,68, respectivamente, en comparación con el suelo del testigo que tuvo un pH de 3,74. Estos resultados indican que los residuos utilizados como cáscara de huevos, residuos forestales, Residuos orgánicos fermentados, y residuos de construcción, son adecuados para la elaboración de tecnosoles con fines de reducir la acidez de los suelos.
- Los análisis de laboratorio de características químicas del suelo en los tratamientos T1, T2, y T4, y testigo, muestran que la incorporación de MO al suelo fue significativa con la aplicación del tecnosol T4 (3% de MO) en relación al testigo (1,5% de MO). Los suelos tratados con los tecnosoles T2 (2,26% de MO) y T1 (2,06% de MO) tuvieron mayor MO que el testigo, sin embargo, estas diferencias no fueron significativas. Estos resultados indican un incremento medio del 39% de MO del suelo con el uso de los tecnosoles, pasando de ser suelos pobres en MO a suelos con moderada concentración de MO. Para el potasio disponible (K), los tecnosoles también incrementaron significativamente el contenido de K con respecto al testigo, pero sin diferencias significativas entre los tecnosoles, con medias de 123,70 ppm, 117,91 ppm, y 112,46 ppm de K, en suelos con

T1, T4, y T2, respectivamente, representado un incremento medio del 32% de K en los suelos con respecto al suelo testigo. En contraste, los tecnosoles no mostraron efecto significativo en el contenido de fósforo disponible (P). Por otro lado, con la aplicación de los tecnosoles, las bases intercambiables se incrementaron significativamente en un 63% para Ca, 61% en Mg, 60% en K, y 100% en Na, mientras que para el Al hubo una disminución del 62%. La capacidad de intercambio catiónico y el porcentaje de la saturación de bases del suelo también incrementaron significativamente con la aplicación de tecnosoles. Los resultados sugieren que los tecnosoles elaborados a partir de la combinación de diferentes residuos, como cáscara de huevo, residuos forestales, residuos orgánicos fermentados, y residuos de construcción, serían útiles para mejorar la fertilidad de suelos ácidos y pobres. El presente estudio trae resultados iniciales sobre la potencialidad del uso de los tecnosoles. En futuros estudios, es necesario realizar pruebas en suelos in situ para conocer si los efectos de los tecnosoles se mantienen bajo condiciones ambientales no controladas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda difundir el presente estudio a otros profesionales interesados en el tema para su posible reproducción en otros trabajos que conlleven el desarrollo de tecnosoles para el control de la acidez de suelos agrícolas.
- El presente estudio fue realizado en maceteros bajo condiciones ambientales controladas, por tanto, es necesario realizar estudios de este tipo en suelos in situ, y por periodos de tiempo más prolongados, para conocer mejor los efectos de los tecnosoles.
- Se debe hacer estudios comparativos con diferentes pH's de suelos desde extremadamente ácidos hasta ligeramente ácidos y comparar resultados, trabajando con los mismos porcentajes de residuos utilizados en los tecnosoles del presente estudio.

- Los residuos de construcción como ladrillos de hormigón, mortero, cemento, no deben ser sometidos mucho tiempo a las condiciones ambientales, con el fin de no perder sus altas concentraciones de calcio.
- Para próximos estudios, se recomienda ampliar el proceso de evaluación de tecnoles por un periodo de 180 a 365 días, para el efecto de la descomposición de la cáscara de huevo sea mayor, en el aporte de iones de calcio para la neutralización de los suelos así como las demás propiedades físicas y químicas del suelo en contacto con Tecnosol.
- Se recomienda el uso de plantas indicadoras de neutralidad de pH para comparar el efecto en la germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Utilizar otros materiales en diferentes proporciones (conchas de mejillones, harina de hueso, carbonatos de calcio, lodos de PTARs, etc), y monitoreo en diferentes tiempos (dos meses, 4 meses, 6 meses, etc)
- Es importante realizar más investigaciones sobre los efectos de los tecnoles en la fertilidad del suelo, puesto que acidez ayuda a valorizar los residuos orgánicos e inorgánicos como método económico para mejorar la fertilidad de los suelos y por ende incrementar la productividad agrícola, lo que se traduce en mayores ingresos para los productores rurales.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aduvire, O. (2018). Revista de Medio Ambiente y Minería. En *Revista de Medio Ambiente y Minería* (Número 5). Carrera de Ingeniería de Minas, Petróleos y Geotécnia de la Facultad Nacional de Ingeniería Universidad Técnica de Oruro - Bolivia.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttextpid=S2519-53522018000200001ylng=esynrm=isoytlng=es
- Asensio, V., Vega, F. A., Andrade, M. L., and Covelo, E. F. (2013). Technosols Made of Wastes to Improve Physico-Chemical Characteristics of a Copper Mine Soil. *Pedosphere*, 23(1), 1-9. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60074-5](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60074-5)
- Baude, M., Meyer, B. C., and Schindewolf, M. (2019). Land use change in an agricultural landscape causing degradation of soil based ecosystem services. *Science of The Total Environment*, 659, 1526-1536. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.12.455>
- Behar Rivero, D. S. (2008). Introducción a la metodología de la investigación. En A. Rubeira (Ed.), *Metodología de la Investigación*. Editorial Shalom.
- Belling, M. (2018). *Buenaventura da un paso adelante con los tecnosoles*. <https://doi.org/https://proactivo.com.pe/>
- Benedicto, J., Martínez-Gómez, C., Guerrero, J., Jornet, A., y Rodríguez, C. (2008). Contaminación por metales en la bahía de Portmán (Murcia, SE España) 15 años después del cese de las actividades mineras. *Ciencias Marinas*, 34(3), 389-398. <https://doi.org/10.7773/cm.v34i3.1391>
- Blacktogreen. (2018, marzo). *Planificación responsable del cierre de minas*. Planificación responsable del cierre de minas. <https://blacktogreen.com/2018/03/planificacion-responsable-del-cierre-de-minas-2/>
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., y Segura-Araya, G. (2017). Determinación de

- nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Bolaños, D; Macías García, F; Verde, J. R. ; Macías, F. (2015). *Aplicación de tecnosoles para la mitigación de efectos ambientales por construcción civil en zonas de pizarras*. 117-122.
- Bolaños, D. R., Romero, N., Macías-García, F., Nieto, C., Pérez, C., Verde, J. R., y Macías, F. (2014). Recuperación de la mina de touro con aplicación de tecnosoles y humedales reactivos. *XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo*, XX, 2014. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2469.0727>
- Bolaños Guerrón, D. R. (2014). *Aplicación de Tecnosoles para la recuperación de suelos y aguas afectados por actividades de obras civiles , urbanas y minería*. 386.
- Chávez, E. C. (2010). Indicadores de calidad ambiental en suelos ácidos. En *Tesis Doctoral*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Ciudad, E. G. (2014). Evaluación en Nace Cerrada de los Riesgos para la Salud en Tecnosoles Procedentes de Residuos de Minería Polimetálica. *Tesis Doctoral*.
- Coll Morales; Francisco. (2021, agosto 1). *Agricultura - Qué es, definición y concepto*. <https://economipedia.com/definiciones/agricultura.html>
- Cruz, R., Monroy, M., y González, I. (2006). Evaluación de la reactividad de sulfuros de hierro y residuos mineros: Una metodología basada en la aplicación de la voltamperometría cíclica. En *Química Nova* (Vol. 29, Número 3, pp. 510-519). Sociedade Brasileira de Química. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000300020>
- Eduardo Martínez, H., Juan Pablo Fuentes, E., y Edmundo Acevedo, H. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(1), 68-96. <https://doi.org/10.4067/s0718-27912008000100006>

- FAO. (2016). Acidificación del suelo. *Figura*, 1-2. <http://www.fao.org/3/i6467s/i6467s.pdf>
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2006). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. En *Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos* (Vol. 103). <http://scholar.google.com/scholar?hl=enybtnG=Searchyq=intitle:Base+referencial+mundial+del+recurso+suelo#0>
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2020). *Propiedades Físicas del Suelo*. Web page.
- Forján, R., Rodríguez-Vila, A., Cerqueira, B., Covelo, E. F., Marcet, P., y Asensio, V. (2018). Comparative effect of compost and technosol enhanced with biochar on the fertility of a degraded soil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(10). <https://doi.org/10.1007/S10661-018-6997-4>
- Gambaudo, S. (2007). Acidez edáfica. En *Report* (Vol. 108).
- Gao, Y., Wu, P., Jeyakumar, P., Bolan, N., Wang, H., Gao, B., Wang, S., and Wang, B. (2022). Biochar as a potential strategy for remediation of contaminated mining soils: Mechanisms, applications, and future perspectives. *Journal of Environmental Management*, 313, 114973. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2022.114973>
- García, Y., Ramírez, W., y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos : una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos Y Forrajes*, 35(2), 125-137. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttextypid=S0864-03942012000200001
- Hernández Escobar, A. A., Ramos Rodríguez, M. P., Placencia López, B. M., Indacochea Ganchozo, B., Quimis Gómez, A. J., y Moreno Ponce, L. A. (2018). Metodología de la investigación científica. En *Metodología de la investigación científica* (Número March). ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L. <https://doi.org/10.17993/ccyll.2018.15>
- Howard, J. L. (2021). Urban anthropogenic soils—A review. *Advances in Agronomy*, 165, 1-57. <https://doi.org/10.1016/BS.AGRON.2020.08.001>

- Howard, J. L., and Orlicki, K. M. (2016). Composition, micromorphology and distribution of microartifacts in anthropogenic soils, Detroit, Michigan, USA. *CATENA*, 138, 103-116. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2015.11.016>
- Huanca, A., y García, S. (2019). Uso de cáscara de huevo molida como material encalante en un suelo ácido del Perú. *Idesia (Arica)*, 37(3), 115-120. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000300115>
- Ibañez, J. (2007, marzo). *Profundidad efectiva y Capacidades de uso del Suelo*. 25. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/14/61286>
- Ibañez, J. J. (2007, abril). *Carbonatos del Suelo: Curso de Diagnóstico de Suelos en Campo (Régulo León Arteta) | Un Universo invisible bajo nuestros pies*. Web page. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/01/64693>
- Izquierdo, C. G. (2008). Enmiendas orgánicas para suelos basados en residuos orgánicos. En *Informaciones agronomicas* (Compobell, Vol. 78).
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. *Introduccion a La Ciencia Del Suelo*, 619.
- Joimel, S., Grard, B., Chenu, C., Auclerc, A., and Vieubl, L. (2022). *One green roof type , one Technosol , one ecological community*. 175(November 2021). <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106475>
- L. Rodriguez. (2011). *Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible Materia orgánica y actividad biológica Qué es y qué hace*. 1-28.
- Lebrun, M., Miard, F., Trakal, L., Bourgerie, S., and Morabito, D. (2022). The reduction of the As and Pb phytotoxicity of a former mine technosol depends on the amendment type and properties. *Chemosphere*, 300, 134592. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2022.134592>
- Lombardi, I., Garnica, C., Ortiz, H., Cuba, K., Ponce, B., Lopez, D., Rodriguez, C., y Huamani,

- J. (2013). *Manual para la Evaluación de Árboles Semilleros y la Regeneración de Caoba (Swietenia Macrophylla King.) y Cedro (Cedrela spp.)*.
[http://www.itto.int/files/user/cites/peru/Manual for assessment of seed trees and regeneration of mahogany and cedar SPANISH.pdf](http://www.itto.int/files/user/cites/peru/Manual_for_assessment_of_seed_trees_and_regeneration_of_mahogany_and_cedar_SPANISH.pdf)
- López, A. J. (2006). Manual De Edafología. *Media*, 806(Enero), 1-92.
<http://www.emisarios.unican.es/herramientas.htm>
- Macías, F. (2009). Tecnosuelos Suelos a la carta. *Tecnosoles, suelos a la carta*.
- Mazarji, M., Minkina, T., Sushkova, S., Mandzhieva, S., Barakhov, A., Barbashev, A., Dudnikova, T., Lobzenko, I., and Giannakis, S. (2022). Decrypting the synergistic action of the Fenton process and biochar addition for sustainable remediation of real technogenic soil from PAHs and heavy metals. *Environmental Pollution*, 303, 119096.
<https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2022.119096>
- Mendoza, R., y Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para muestreo de suelos. *Universidad Nacional Agraria*, 1-56.
<https://core.ac.uk/download/pdf/151729876.pdf>
<http://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- DS N° 017 - 2009 - AG. Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, Perú 19 (2009). [https://www.serfor.gob.pe/pdf/normatividad/2009/decreto/DS NÂ° 017-2009-AG\(Reglamento de Clasif de Tierras\).pdf](https://www.serfor.gob.pe/pdf/normatividad/2009/decreto/DS_NA%0017-2009-AG(Reglamento_de_Clasif_de_Tierras).pdf)
- MINAM. (2008). *Gestión De Residos Sólidos No municipales* (p. 46).
- Minam, M. del A. (2016). Guía informativa de manejo de RCD en obras menores. En *Ministerio del Ambiente* (Vol. 5, Número 12, p. 28).
<https://redrrss.minam.gob.pe/material/20160622094218.pdf>
- Morales, V. H. J. (2018). *Correlación entre variables físicas y químicas para la determinación del nivel de fertilidad de suelos cultivados con banano en el valle del Chira - Piura*. 1-

110. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1295>

- Moreno-Barriga, F., Díaz, V., Acosta, J. A., Muñoz, M. Á., Faz, Á., and Zornoza, R. (2017). Organic matter dynamics, soil aggregation and microbial biomass and activity in Technosols created with metalliferous mine residues, biochar and marble waste. *Geoderma*, 301, 19-29. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2017.04.017>
- Moro González, A. (2015). *Relaciones catiónicas y su interpretación en los análisis de Laboratorio*. AQM Laboratorios. <http://aqmlaboratorios.com/relaciones-cationicas-analisis-de-suelos/>
- Pereira, C., Maycotte, C., Restrepo, B., Mauro, F., Montes, A., y Velarde, M. J. (2011). Edafología. *Edafologia* 1, 170. <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
- Pilling, S., Evelyn, A. :, De Freitas, C., Martins, M., De, F., and Vasconcelos, A. (s. f.). *Astrobiologia Mestrado e Doutorado em Física e Astronomia*. Recuperado 5 de agosto de 2022, de <http://rt.com/news/lake-vostok-bacteria-dna-745/>
- ProActivo. (2022, mayo 27). *Concytec distingue a Gold Fields por innovador proyecto que promueve la sostenibilidad ambiental*. <https://proactivo.com.pe/concytec-distingue-a-gold-fields-por-innovador-proyecto-que-promueve-la-sostenibilidad-ambiental/>
- Ribeiro, P. G., Aragão, O. O. da S., Martins, G. C., Rodrigues, M., Souza, J. M. P., Moreira, F. M. de S., Li, Y. C., and Guilherme, L. R. G. (2022). Hydrothermally-altered feldspar reduces metal toxicity and promotes plant growth in highly metal-contaminated soils. *Chemosphere*, 286, 131768. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2021.131768>
- Rucks, L., García, F., Ponce de León, J., y Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. En *Book*. Book.
- Ruiz, F., Andrade, G. R. P., Sartor, L. R., Santos, J. C. B. dos, Souza Júnior, V. S. de, and Ferreira, T. O. (2022). The rhizosphere of tropical grasses as driver of soil weathering in

- embryonic Technosols (SE-Brazil). *CATENA*, 208, 105764.
<https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2021.105764>
- Ruiz, F., Cherubin, M. R., and Ferreira, T. O. (2020). Soil quality assessment of constructed Technosols: Towards the validation of a promising strategy for land reclamation, waste management and the recovery of soil functions. *Journal of Environmental Management*, 276. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2020.111344>
- Santos, E. S., Abreu, M. M., and Macías, F. (2019). Rehabilitation of mining areas through integrated biotechnological approach: Technosols derived from organic/inorganic wastes and autochthonous plant development. *Chemosphere*, 224, 765-775.
<https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2019.02.172>
- Soria, R., González-Pérez, J. A., de la Rosa, J. M., San Emeterio, L. M., Domene, M. A., Ortega, R., and Miralles, I. (2022). Effects of technosols based on organic amendments addition for the recovery of the functionality of degraded quarry soils under semiarid Mediterranean climate: A field study. *Science of the Total Environment*, 816.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151572>
- Vázquez, M. F., y Olano, N. C. (2012). Didáctica De La Mina De Touro: Procesos De Recuperación De Suelos Y Aguas Hiperácidas De Minas De Sulfuros Metálicos Mediante La Valorización Biogeoquímica De Residuos. *Comunicaciones del XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología Keywords:*, 139-145.
- Vidal-Beaudet, L., Rokia, S., Nehls, T., and Schwartz, C. (2018). Aggregation and availability of phosphorus in a Technosol constructed from urban wastes. *Journal of Soils and Sediments*, 18(2), 456-466. <https://doi.org/10.1007/S11368-016-1469-3/TABLES/3>
- Villaverde, I. (2018). *Los Tecnosoles Como Alternativa Para La Gestión De Problemas De Degradación Ambiental*. 20.
- Weiler, J., Firpo, B. A., and Schneider, I. A. H. (2020). Technosol as an integrated management tool for turning urban and coal mining waste into a resource. *Minerals Engineering*, 147.
<https://doi.org/10.1016/J.MINENG.2019.106179>

CAPÍTULO VI

ANEXOS

Anexo 1*Ficha de datos de fermentación de residuos orgánicos domésticos*

Fecha	Medición	pH
16/07/2021	riego	
17/07/2021	1	6.52
18/07/2021	riego	
19/07/2021	2	4.48
20/07/2021	riego	
21/07/2021	3	5.66
22/07/2021	riego	
23/07/2021	4	4.8
24/07/2021	riego	
25/07/2021	5	5.58
26/07/2021	riego	
27/07/2021	6	5.66
28/07/2021	riego	
29/07/2021	7	6.68
30/07/2021	riego	
31/07/2021	8	6.99

Anexo 2*Ficha de datos de descomposición de residuos forestales*

Fecha	Medición	pH
16/07/2021	riego	
17/07/2021	1	7.8
18/07/2021	riego	
19/07/2021	2	6.72
20/07/2021	riego	
21/07/2021	3	7.76
22/07/2021	riego	
23/07/2021	4	7.48
24/07/2021	riego	
25/07/2021	5	7.17
26/07/2021	riego	
27/07/2021	6	5.88
28/07/2021	riego	
29/07/2021	7	6.13
30/07/2021	riego	
31/07/2021	8	7.23

Anexo 3*Ficha de datos de pH de formación de tecnosoles*

Fecha	T1	T2	T3	T4	T5
1/08/2021	5.5	6	5.5	6	5.5
7/08/2021	5.5	5.5	5.5	6	6
13/08/2021	5.5	5.5	6	5.5	5
19/08/2021	5.5	6	5.5	5.5	5
25/08/2021	6	6	6	5.5	5.5
31/08/2021	5.5	5.5	5.5	6	6

Anexo 4*Ficha de datos de fechas de medición del ensayo*

N°	Fecha de riego		Fecha de medición	
1	10/10/2021	X	10/10/2021	
2	12/10/2021		12/10/2021	X
3	13/10/2021	X	13/10/2021	
4	15/10/2021		15/10/2021	X
5	16/10/2021	X	16/10/2021	
6	18/10/2021		18/10/2021	X
7	19/10/2021	X	19/10/2021	
8	21/10/2021		21/10/2021	X
9	22/10/2021	X	22/10/2021	
10	24/10/2021		24/10/2021	X
11	25/10/2021	X	25/10/2021	
12	27/10/2021		27/10/2021	X
13	28/10/2021	X	28/10/2021	
14	30/10/2021		30/10/2021	X
15	31/10/2021	X	31/10/2021	
16	2/11/2021		2/11/2021	X
17	3/11/2021	X	3/11/2021	
18	5/11/2021		5/11/2021	X
19	6/11/2021	X	6/11/2021	
20	8/11/2021		8/11/2021	X
21	9/11/2021	X	9/11/2021	
22	11/11/2021		11/11/2021	X
23	12/11/2021	X	12/11/2021	
24	14/11/2021		14/11/2021	X
25	15/11/2021	X	15/11/2021	
26	17/11/2021		17/11/2021	X
27	18/11/2021	X	18/11/2021	
28	20/11/2021		20/11/2021	X
29	21/11/2021	X	21/11/2021	
30	23/11/2021		23/11/2021	X

31	24/11/2021	X	24/11/2021	
32	26/11/2021		26/11/2021	X
33	27/11/2021	X	27/11/2021	
34	29/11/2021		29/11/2021	X
35	30/11/2021	X	30/11/2021	
36	2/12/2021		2/12/2021	X
37	3/12/2021	X	3/12/2021	
38	5/12/2021		5/12/2021	X
39	6/12/2021	X	6/12/2021	
40	8/12/2021		8/12/2021	X
41	9/12/2021	X	9/12/2021	
42	11/12/2021		11/12/2021	X
43	12/12/2021	X	12/12/2021	
44	14/12/2021		14/12/2021	X
45	15/12/2021	X	15/12/2021	
46	17/12/2021		17/12/2021	X
47	18/12/2021	X	18/12/2021	
48	20/12/2021		20/12/2021	X
49	21/12/2021	X	21/12/2021	
50	23/12/2021		23/12/2021	X
51	24/12/2021	X	24/12/2021	
52	26/12/2021		26/12/2021	X
53	27/12/2021	X	27/12/2021	
54	29/12/2021		29/12/2021	X
55	30/12/2021	X	30/12/2021	
56	1/01/2022		1/01/2022	X
57	2/01/2022	X	2/01/2022	
58	4/01/2022		4/01/2022	X
59	5/01/2022	X	5/01/2022	
60	7/01/2022		7/01/2022	X

Anexo 5

ANOVA en parámetros químicos de los tratamientos T1, T2 y T4 para las 3 muestras

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)	
Tratamientos	3	2.9785	0.9928	8.439	0.00735 **	<i>pH actual</i>
Residuos	8	0.9411	0.1176			
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)	
Tratamientos	3	2.9785	0.9928	8.439	0.00735 **	<i>pH potencial</i>
Residuos	8	0.9411	0.1176			
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)	
Tratamientos	3	3.456	1.1519	8.131	0.0082 **	<i>Materia Orgánica</i>
Residuos	8	1.133	0.1417			
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)	
Tratamientos	3	6.788	2.2628	2.394	0.144	<i>Fosforo disponible</i>
Residuos	8	7.561	0.9451			
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)	
Tratamientos	3	3444	1148	7.602	0.00996**	<i>Potasio disponible</i>
Residuos	8	1208	151			
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)	
Tratamientos	3	7.776	2.5919	8.131	0.0082**	<i>CIC</i>
Residuos	8	2.55	0.3188			
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)	
Tratamientos	3	31.38	10.46	7.635	0.00984**	<i>Calcio intercambiable</i>
Residuos	8	10.96	1.37			
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)	
Tratamientos	3	0.3196	0.10652	7.641	0.00982**	<i>Magnesio intercambiable</i>
Residuos	8	0.1115	0.01394			
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)	
Tratamientos	3	0.5283	0.1761	12.63	0.00211**	<i>Potasio Intercambiable</i>
Residuos	8	0.1115	0.01394			
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)	
Tratamientos	3	0.0001583	5.28E-05	3.167	0.0855	<i>Sodio intercambiable</i>
Residuos	8	0.0001333	1.67E-05			
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)	
Tratamientos	3	61.1	20.365	11.38	0.00294**	<i>Aluminio Intercambiable</i>
Residuos	8	14.31	1.789			
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr (>F)	
Tratamientos	3	1125.2	375.1	8.434	0.00736**	<i>% saturación de bases</i>
Residuos	8	355.8	44.5			

Significado de códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 . 0.1 ' ' 1

Anexo 6

Comparaciones múltiples de Tukey para pH actual, pH potencial, Materia Orgánica (MO), Fósforo disponible (P), Potasio disponible (K) y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Valor $p \leq 0.05$ indica diferencia significativa (), valor $p > 0.05$ indica diferencia no significativa (ns) entre las medias de los tratamientos*

pH actual

pH potencial

Comparación	Valor p	Comparación	Valor p
T2 - T1	0.524 ns	T2 - T1	0.535 ns
T4 - T1	0.649 ns	T4 - T1	0.633 ns
Testigo - T1	0.006 *	Testigo - T1	0.006 *
T4 - T2	0.996 ns	T4 - T2	0.998 ns
Testigo - 2	0.040 *	Testigo - 2	0.040 *
Testigo - T4	0.029 *	Testigo - T4	0.031 *

Materia Orgánica (MO%)

Fósforo disponible (P)

Comparación	Valor p	Comparación	Valor p
T2-T1	0.9123655 ns	T2-T1	0.7201295 ns
T4-T1	0.063125 ns	T4-T1	0.7608224 ns
Testigo-T1	0.3218124 ns	Testigo-T1	0.1096629 ns
T4-T2	0.1573524 ns	T4-T2	0.9998313 ns
Testigo-T2	0.1354111 ns	Testigo-T2	0.9998313 ns
Testigo-T4	0.0053517 *	Testigo-T4	0.4019829 ns

Potasio disponible (K)

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Comparación	Valor p	Comparación	Valor p
T2 - T1	0.689 ns	T2 - T1	0.912 ns
T4 - T1	0.936 ns	T4 - T1	0.063 ns
Testigo - T1	0.010 *	Testigo - T1	0.322 ns
T4 - T2	0.946 ns	T4 - T2	0.157 ns
Testigo - 2	0.048 *	Testigo - 2	0.135 ns
Testigo - T4	0.022 *	Testigo - T4	0.005 *

Anexo 7*Análisis de laboratorio agrupados***Resultados de la laboratorio Tratamiento 1**

Parámetros	Resultado	Tecnosol	Muestra	Muestra	Muestra
	Testigo	1	1	2	3
Arena (%)	60	60	60	60	60
Limo (%)	13	13	13	13	13
Arcilla (%)	27	27	27	27	27
Reacción actual (pH)	3,74	5,91	5,36	5,27	4,61
Reacción potencial (pH)	3,33	4,92	4,52	4,47	3,97
Al cambiabile (mEq100g)	8,1	0,08	1,25	1,5	3,8
Calcáreo total (%)	0	0	0	0	0
C. E. (μ mohs/cm)	759	7024,5	1926	757,5	738
C. E. actual (μ mohs/cm)	706,5	6495	1806	705	693
M.O. (%)	1,5	2,8	2,5	2	1,7
N total (%)	0,07	0,14	0,12	0,1	0,08
P disponible (ppm)	6,19	14,07	9,56	8,22	7,09
K disponible (ppm)	79,99	155,55	135,2	128,96	106,93
C.C.C.(r) (mEq100g)	17,05	19	18,55	17,8	17,35
Ca cambiabile (mEq100g)	2,34	9,57	7,62	7,04	4,93
Mg cambiabile (mEq100g)	0,23	0,96	0,76	0,7	0,49
K cambiabile (mEq100g)	0,12	0,47	0,38	0,35	0,24
Na cambiabile (mEq100g)	0	0,01	0,01	0,01	0
Saturación de bases (%)	15,81	57,99	47,3	45,55	32,72
Acidez de cambio (mEq100g)	14,36	7,99	9,78	9,7	11,68

Anexo 8*Análisis de laboratorio agrupados para T2*

Resultados de la laboratorio Tratamiento 2					
Parámetros	Testigo	Tecnosol 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Arena (%)	60	60	60	60	60
Limo (%)	13	13	13	13	13
Arcilla (%)	27	27	27	27	27
Reacción actual (pH)	3,74	5,65	4,82	5,13	4,1
Reacción potencial (pH)	3,33	4,73	4,12	4,37	3,6
Al cambiante (mEq100g)	8,1	0,56	2,98	1,92	6,14
Calcáreo total (%)	0	0	0	0	0
C. E. (μ mohs/cm)	759	6490,5	1221	1006,5	456
C. E. actual (μ mohs/cm)	706,5	6084	1161	946,5	438
M.O. (%)	1,5	2,8	2,6	2,5	1,7
N total (%)	0,07	0,14	0,13	0,12	0,08
P disponible (ppm)	6,19	13,04	8,09	8,36	5,89
K disponible (ppm)	79,99	146,9	118,22	127,73	91,44
C.C.C.(r) (mEq100g)	17,05	19	18,7	18,55	17,35
Ca cambiante (mEq100g)	2,34	8,74	5,98	6,9	3,44
Mg cambiante (mEq100g)	0,23	0,87	0,6	0,69	0,34
K cambiante (mEq100g)	0,12	0,43	0,3	0,34	0,17
Na cambiante (mEq100g)	0	0,01	0,01	0,01	0
Saturación de bases (%)	15,81	52,94	36,8	42,83	22,8
Acidez de cambio (mEq100g)	14,36	8,95	11,82	10,61	13,39

Anexo 9*Análisis de laboratorio agrupados para T4*

Resultados de la laboratorio Tratamiento 4					
Parámetros	Testigo	Tecnosol 4	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Arena (%)	60	60	60	60	60
Limo (%)	13	13	13	13	13
Arcilla (%)	27	27	27	27	27
Reacción actual (pH)	3,74	5,34	4,82	4,85	4,57
Reacción potencial (pH)	3,33	4,5	4,12	4,14	3,94
Al cambiabile (mEq100g)	8,1	1,31	2,98	2,87	3,96
Calcáreo total (%)	0	0	0	0	0
C. E. (μ mohs/cm)	759	4203	1030,5	907,5	532,5
C. E. actual (μ mohs/cm)	706,5	3943,5	961,5	849	502,5
M.O. (%)	1,5	3	3,4	2,6	3
N total (%)	0,07	0,15	0,17	0,13	0,15
P disponible (ppm)	6,19	10,89	7,97	7,78	6,77
K disponible (ppm)	79,99	137,96	122,58	119,2	111,96
C.C.C.(r) (mEq100g)	17,05	19,3	19,9	18,7	19,3
Ca cambiabile (mEq100g)	2,34	7,87	6,36	6,07	5,36
Mg cambiabile (mEq100g)	0,23	0,79	0,64	0,61	0,54
K cambiabile (mEq100g)	0,12	0,39	0,32	0,3	0,27
Na cambiabile (mEq100g)	0	0,01	0,01	0,01	0,01
Saturación de bases (%)	15,81	46,91	36,8	37,38	31,94
Acidez de cambio (mEq100g)	14,36	10,25	12,58	11,71	13,14

Anexo 10

Área de muestreo y recolección de muestra



Anexo 11

Ensacado y traslado de muestra de suelo.



Anexo 12

Residuos utilizados después de ser triturados para formar los tecnosoles.



Anexo 13

Pesado de residuos por Tecnosol



Anexo 14

pH de agua en proceso de formación de Tecnosoles



Anexo 15

Instalación de ensayo



Anexo 16

Instalación, riego y medición de ensayo



Anexo 17

Empacado de muestras de Tecnosol y suelo tratado para ser analizados.



Anexo 18

Análisis de laboratorio para muestras analizadas



Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)

RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0009
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	SUELO 2 T2	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	5.13	Fuertemente ácido
Reacción potencial (pH)	4.35	-
Al cambiante (me/100g)	1.92	Medio
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	1,006.50	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	946.50	-
M.O. (%)	2.50	Medio
N total (%)	0.12	Medio
P disponible (ppm)	8.36	Medio
K disponible (ppm)	127.73	Alto
C.I.C.(r) (me/100g)	18.55	Alto
Ca cambiante (me/100g)	6.90	-
Mg cambiante (me/100g)	0.69	-
K cambiante (me/100g)	0.34	-
Na cambiante (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	42.83	Bajo
Acidez de cambio (me/100g)	10.61	Alto

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.



Ing. Oscar Narvaez Tejada
CIP. 20175
Jefe de Laboratorio


Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)


RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0007
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	SUELO 3 T2	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	4.10	Extremadamente ácido
Reacción potencial (pH)	3.60	-
Al cambiabile (me/100g)	6.14	Muy alto
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	456.00	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	438.00	-
M.O. (%)	1.70	Bajo
N total (%)	0.08	Bajo
P disponible (ppm)	5.89	Bajo
K disponible (ppm)	91.44	Medio
C.I.C.(r) (me/100g)	17.35	Alto
Ca cambiabile (me/100g)	3.44	-
Mg cambiabile (me/100g)	0.34	-
K cambiabile (me/100g)	0.17	-
Na cambiabile (me/100g)	0.00	-
Saturación de bases (%)	22.80	Bajo
Acidez de cambio (me/100g)	13.39	Alto

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.




Ing. Oscar Narvaez Tejada
 CIP. 20175
 Jefe de Laboratorio


Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)

RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0011
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	TECNOSOL 3	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	6.04	Ligeramente ácido
Reacción potencial (pH)	5.02	-
Al cambiante (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (umohs/cm)	2.299.50	Libre de sales
C. E. actual (umohs/cm)	2.137.50	-
M.O. (%)	2.90	Medio
N total (%)	0.14	Medio
P disponible (ppm)	11.31	Medio
K disponible (ppm)	160.73	Alto
C.I.C.(r) (me/100g)	19.15	Alto
Ca cambiante (me/100g)	10.07	-
Mg cambiante (me/100g)	1.01	-
K cambiante (me/100g)	0.50	-
Na cambiante (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	60.52	Medio
Acidez de cambio (me/100g)	7.57	Medio

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.


Ing. Oscar Narvaez Tejada

CIP. 20175

Jefe de Laboratorio


Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)

RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0018
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	TECNOSOL 4	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	5.34	Fuertemente ácido
Reacción potencial (pH)	4.50	-
Al cambiante (me/100g)	1.31	Medio
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. ($\mu\text{mohs/cm}$)	4,203.00	Ligeramente salino
C. E. actual ($\mu\text{mohs/cm}$)	3,943.50	-
M.O. (%)	3.00	Medio
N total (%)	0.15	Medio
P disponible (ppm)	10.89	Medio
K disponible (ppm)	137.96	Alto
C.I.C.(r) (me/100g)	19.30	Alto
Ca cambiante (me/100g)	7.87	-
Mg cambiante (me/100g)	0.79	-
K cambiante (me/100g)	0.39	-
Na cambiante (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	46.91	Bajo
Acidez de cambio (me/100g)	10.25	Alto

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.


Ing. Oscar Narvaez Tejada

CIP. 20175

Jefe de Laboratorio



Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)


RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0021
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	SUELO 1 T4	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	4.82	Muy fuertemente ácido
Reacción potencial (pH)	4.12	-
Al cambiante (me/100g)	2.98	Alto
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	1,030.50	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	961.50	-
M.O. (%)	3.40	Medio
N total (%)	0.17	Medio
P disponible (ppm)	7.97	Medio
K disponible (ppm)	122.58	Medio
C.I.C.(r) (me/100g)	19.90	Alto
Ca cambiante (me/100g)	6.36	-
Mg cambiante (me/100g)	0.64	-
K cambiante (me/100g)	0.32	-
Na cambiante (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	36.80	Bajo
Acidez de cambio (me/100g)	12.58	Alto

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.




 Ing. Oscar Narvaez Tejada
 CIP. 20175
 Jefe de Laboratorio


Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)


RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0020
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	SUELO 2 T4	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	4.85	Muy fuertemente ácido
Reacción potencial (pH)	4.14	-
Al cambiabile (me/100g)	2.87	Alto
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (umohs/cm)	907.50	Libre de sales
C. E. actual (umohs/cm)	849.00	-
M.O. (%)	2.60	Medio
N total (%)	0.13	Medio
P disponible (ppm)	7.78	Medio
K disponible (ppm)	119.20	Medio
C.I.C.(r) (me/100g)	18.70	Alto
Ca cambiabile (me/100g)	6.07	-
Mg cambiabile (me/100g)	0.61	-
K cambiabile (me/100g)	0.30	-
Na cambiabile (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	37.38	Bajo
Acidez de cambio (me/100g)	11.71	Alto

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.




Ing. Oscar Narvaez Tejada
 CIP. 20175
 Jefe de Laboratorio


Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)


RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0019
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	SUELO 3 T4	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	4.57	Muy fuertemente ácido
Reacción potencial (pH)	3.94	-
Al cambiante (me/100g)	3.96	Muy alto
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	532.50	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	502.50	-
M.O. (%)	3.00	Medio
N total (%)	0.15	Medio
P disponible (ppm)	6.77	Bajo
K disponible (ppm)	111.96	Medio
C.I.C.(r) (me/100g)	19.30	Alto
Ca cambiante (me/100g)	5.36	-
Mg cambiante (me/100g)	0.54	-
K cambiante (me/100g)	0.27	-
Na cambiante (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	31.94	Bajo
Acidez de cambio (me/100g)	13.14	Alto

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.




 Ing. Oscar Narvaez Tejada
 CIP. 20175
 Jefe de Laboratorio



Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)


RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0012
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	TECNOSOL 5	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	6.08	Ligeramente ácido
Reacción potencial (pH)	5.04	-
Al cambiante (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	2.890.50	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	2.709.00	-
M.O. (%)	3.00	Medio
N total (%)	0.15	Medio
P disponible (ppm)	11.75	Medio
K disponible (ppm)	162.95	Alto
C.I.C.(r) (me/100g)	19.30	Alto
Ca cambiante (me/100g)	10.28	-
Mg cambiante (me/100g)	1.03	-
K cambiante (me/100g)	0.51	-
Na cambiante (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	61.30	Medio
Acidez de cambio (me/100g)	7.47	Medio

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.




 Ing. Oscar Narvaez Tejada
 CIP. 20175
 Jefe de Laboratorio



Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)

RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0017
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	TESTIGO	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	3.74	Extremadamente ácido
Reacción potencial (pH)	3.33	-
Al intercambiable (me/100g)	8.10	Muy alto
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. ($\mu\text{mohs/cm}$)	759.00	Libre de sales
C. E. actual ($\mu\text{mohs/cm}$)	706.50	-
M.O. (%)	1.50	Bajo
N total (%)	0.07	Bajo
P disponible (ppm)	6.19	Bajo
K disponible (ppm)	79.99	Medio
C.I.C. (me/100g)	17.05	Alto
Ca intercambiable (me/100g)	2.34	-
Mg intercambiable (me/100g)	0.23	-
K intercambiable (me/100g)	0.12	-
Na intercambiable (me/100g)	0.00	-
Saturación de bases (%)	15.81	Bajo
Acidez de cambio (me/100g)	14.36	Alto

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.



Oscar Narvaez Tejada

Ing. Oscar Narvaez Tejada

CIP. 20175

Jefe de Laboratorio



Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)


RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0013
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	TECNOSOL 1	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	5.91	Moderadamente ácido
Reacción potencial (pH)	4.92	-
Al intercambiable (me/100g)	0.08	Bajo
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	7,024.50	Ligeramente salino
C. E. actual (µmohs/cm)	6,495.00	-
M.O. (%)	2.80	Medio
N total (%)	0.14	Medio
P disponible (ppm)	14.07	Alto
K disponible (ppm)	155.55	Alto
C.I.C. (me/100g)	19.00	Alto
Ca Intercambiable (me/100g)	9.57	-
Mg intercambiable(me/100g)	0.96	-
K intercambiable (me/100g)	0.47	-
Na intercambiable (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	57.99	Medio
Acidez de cambio (me/100g)	7.99	Medio

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.




Ing. Oscar Narvaez Tejada
 CIP. 20175
 Jefe de Laboratorio


Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)

RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0015
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	SUELO I TI	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	5.36	Fuertemente ácido
Reacción potencial (pH)	4.52	-
Al intercambiable (me/100g)	1.25	Medio
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	1,926.00	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	1,806.00	-
M.O. (%)	2.50	Medio
N total (%)	0.12	Medio
P disponible (ppm)	9.56	Medio
K disponible (ppm)	135.20	Alto
C.I.C.(r) (me/100g)	18.55	Alto
Ca intercambiable (me/100g)	7.62	-
Mg Intercambiable (me/100g)	0.76	-
K cambiabile (me/100g)	0.38	-
Na cambiabile (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	47.30	Bajo
Acidez de cambio (me/100g)	9.78	Alto

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.


Ing. Oscar Narvaez Tejada

CIP. 20175

Jefe de Laboratorio


Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)

RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0014
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	SUELO 2 TI	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	5.27	Fuertemente ácido
Reacción potencial (pH)	4.45	-
Al cambiante (me/100g)	1.50	Medio
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. ($\mu\text{mohs/cm}$)	757.50	Libre de sales
C. E. actual ($\mu\text{mohs/cm}$)	705.00	-
M.O. (%)	2.00	Bajo
N total (%)	0.10	Bajo
P disponible (ppm)	8.22	Medio
K disponible (ppm)	128.96	Alto
C.I.C.(r) (me/100g)	17.80	Alto
Ca cambiante (me/100g)	7.04	I -
Mg cambiante (me/100g)	0.70	-
K cambiante (me/100g)	0.35	-
Na cambiante (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	45.55	Bajo
Acidez de cambio (me/100g)	9.70	Alto

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.



Oscar Narvaez Tejada
Ing. Oscar Narvaez Tejada

CIP. 20175

Jefe de Laboratorio



Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)

RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0016
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	SUELO 3 T1	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	4.61	Muy fuertemente ácido
Reacción potencial (pH)	3.97	-
Al cambiabile (me/100g)	3.80	Muy alto
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	738.00	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	693.00	-
M.O. (%)	1.70	Bajo
N total (%)	0.08	Bajo
P disponible (ppm)	7.09	Medio
K disponible (ppm)	106.93	Medio
C.I.C.(r) (me/100g)	17.35	Alto
Ca cambiabile (me/100g)	4.93	-
Mg cambiabile (me/100g)	0.49	-
K cambiabile (me/100g)	0.24	-
Na cambiabile (me/100g)	0.00	-
Saturación de bases (%)	32.72	Bajo
Acidez de cambio (me/100g)	11.68	Alto

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.



Oscar Narvaez Tejada

Ing. Oscar Narvaez Tejada

CIP. 20175

Jefe de Laboratorio


Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)

RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0010
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	TECNOSOL 2	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	5.65	Moderadamente ácido
Reacción potencial (pH)	4.73	-
Al cambiante (me/100g)	0.56	Bajo
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	6,490.50	Ligeramente salino
C. E. actual (µmohs/cm)	6,084.00	-
M.O. (%)	2.80	Medio
N total (%)	0.14	Medio
P disponible (ppm)	13.04	Medio
K disponible (ppm)	146.90	Alto
C.I.C.(r) (me/100g)	19.00	Alto
Ca cambiante (me/100g)	8.74	-
Mg cambiante (me/100g)	0.87	-
K cambiante (me/100g)	0.43	-
Na cambiante (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	52.94	Medio
Acidez de cambio (me/100g)	8.95	Medio

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.



Ing. Oscar Narvaez Tejada

CIP. 20175

Jefe de Laboratorio



Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)

RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	13/02/2022	N° Registro	JD21-0008
Usuario	JORGE EDUARDO BENAVIDES TAFUR		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CONCHAN	
	Comunidad	CHETILLA	
	Predio	EL GRANERO	
	Id	SUELO I T2	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	4.82	Muy fuertemente ácido
Reacción potencial (pH)	4.12	-
Al cambiante (me/100g)	2.98	Alto
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. ($\mu\text{mohs/cm}$)	1,221.00	Libre de sales
C. E. actual ($\mu\text{mohs/cm}$)	1,161.00	-
M.O. (%)	2.60	Medio
N total (%)	0.13	Medio
P disponible (ppm)	8.09	Medio
K disponible (ppm)	118.22	Medio
C.L.C.(r) (me/100g)	18.70	Alto
Ca cambiante (me/100g)	5.98	-
Mg cambiante (me/100g)	0.60	-
K cambiante (me/100g)	0.30	-
Na cambiante (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	36.80	Bajo
Acidez de cambio (me/100g)	11.82	Alto

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.



Oscar Narvaez Tejada
Ing. Oscar Narvaez Tejada

CIP. 20175

Jefe de Laboratorio