



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“APLICACIÓN DE MATERIALES DE ADSORCIÓN MOLECULAR EN SUELOS FRANCOS, PARA SU REMEDIACIÓN AMBIENTAL EN EL BARRIO ANCHILIVÍ, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022-2023”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Ambiental

Autora:

Santamaría Santana Andrea Estefanía

Tutor:

Ágreda Oña José Luis

LATACUNGA – ECUADOR

Mayo 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Andrea Estefanía Santamaría Santana, con cédula de ciudadanía No. 1754023602, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: **“APLICACIÓN DE MATERIALES DE ADSORCIÓN MOLECULAR EN SUELOS FRANCOS, PARA SU REMEDIACIÓN AMBIENTAL EN EL BARRIO ANCHILIVÍ, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022-2023”**, siendo el Ingeniero José Luis Ágreda Oña, Mg. Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 4 de mayo del 2023

Andrea Estefanía Santamaría Santana
Estudiante
CC: 175402360-2

Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.
Docente Tutor
CC: 040133210-1

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ANDREA ESTEFANIA SANTAMARIA SANTANA**, identificada con cédula de ciudadanía **1754023602** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Doctor Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“APLICACIÓN DE MATERIALES DE ADSORCIÓN MOLECULAR EN SUELOS FRANCO, PARA SU REMEDIACIÓN AMBIENTAL EN EL BARRIO ANCHILIVÍ, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022-2023”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Marzo 2019 – Agosto 2019

Finalización de la carrera: Abril 2023 – Agosto 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 30 de noviembre del 2022.

Tutor: Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.

Tema: “Aplicación de materiales de adsorción molecular en suelos francos, para su remediación ambiental en el barrio Anchiliví, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, periodo 2022-2023”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La producción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 4 días del mes de mayo del 2023.



Andrea Estefanía Santamaría Santana

LA CEDENTE

Dr. Fabricio Tinajero Jiménez

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“APLICACIÓN DE MATERIALES DE ADSORCIÓN MOLECULAR EN SUELOS FRANCOS, PARA SU REMEDIACIÓN AMBIENTAL EN EL BARRIO ANCHILIVÍ, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022-2023”, de Santamaría Santana Andrea Estefanía, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 4 de mayo del 2023



Ing. José Luis Agreda Oña, Mg.

DOCENTE TUTOR

CC: 040133210-1

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Santamaría Santana Andrea Estefanía, con el título del Proyecto de Investigación: **“APLICACIÓN DE MATERIALES DE ADSORCIÓN MOLECULAR EN SUELOS FRANCOS, PARA SU REMEDIACIÓN AMBIENTAL EN EL BARRIO ANCHILIVÍ, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022-2023”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 4 de mayo del 2023

Lector 1 (Presidente)

Lcdo. Jaime Rene Lema Pillalaza, Mg.

CC: 1713759932

Lector 2

Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.

CC: 0501518985

Lector 3

Ing. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante, Mg.

CC:0502188451

AGRADECIMIENTO

Esta tesis de grado y el resultado de mi formación, se la debo a muchas personas e instituciones, que no me alcanzaría esta página para detallar sus nombres, en mi memoria siempre estará el beneficio que recibí de ustedes. Más bien le doy gracias a Dios por mi vida y por la suya, por haberlos puesto en mi camino para ayudarme a construir mis éxitos.

Andrea Estefanía Santamaría Santana

DEDICATORIA

A mi madre Patricia, que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles.

A mi padre Germán, que desde pequeña me lo ha dado todo, es la motivación de mi vida y mi gran orgullo.

A mis hermanos Evelin y Germán “Junior”, gracias a ellos por confiar siempre en mí.

Y no puedo dejar atrás a toda mi familia, a mis abuelitos, tíos y primos, gracias por ser parte de este camino y por permitirme ser parte de su orgullo.

Por último, a mi mejor amiga Yajaira, infinitas gracias por siempre estar presente y apoyarme en los momentos más difíciles, mi gratitud infinita.

Andrea

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “APLICACIÓN DE MATERIALES DE ADSORCIÓN MOLECULAR EN SUELOS FRANCO, PARA SU REMEDIACIÓN AMBIENTAL EN EL BARRIO ANCHILIVÍ, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022-2023”

Autora: Santamaría Santana Andrea Estefanía

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se enfocó en analizar la calidad del suelo después de aplicar cada uno de los tratamientos para evidenciar cuál de ellos es el más efectivo en la remediación. En primera instancia se realizó un diagnóstico biofísico del barrio Anchilivi del cantón Salcedo, donde se buscó determinar las características de la zona de estudio, seguidamente se analizó si las distintas parcelas cumplen con los niveles adecuados de la calidad del suelo comparando los resultados de laboratorio obtenidos durante el monitoreo antes y después de aplicar cada uno de los tratamientos. Como último objetivo se calculó la eficacia de cada uno de los tratamientos utilizados en las diferentes parcelas para por fin determinar cuál de ellos se considera el más eficaz. Para realizar el estudio se procedió a monitorear por 6 semanas en distintas parcelas experimentales con el fin de comparar el nivel de eficacia de 4 diferentes tratamientos compuestos a base de zeolita y carbón activado; los datos obtenidos en el monitoreo y a través de los análisis de laboratorio fueron destinados a la elaboración de gráficos estadísticos; en ellos se identificaron presencia de niveles altos en cada parcela estudiada, estableciendo de forma general que los niveles no cumplen con lo establecido en los valores de referencia, lo cual, perjudica la calidad del suelo y los posibles cultivos a desarrollarse en los mismos; dicho trabajo permitió comparar los niveles de adsorción generados a partir de los diferentes sustratos utilizados. La información obtenida como resultado de los monitoreos evidencia que el mejor de los tratamientos resulta ser el número 2 compuesto por 15 kg de zeolita y 15 kg de carbón activado puesto que tiene un porcentaje de eficacia de 14,65%.

Palabras clave: adsorción, carbón activado, eficacia, remediación, tamiz molecular, zeolita.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES FACULTY

TOPIC: "APPLICATION OF MOLECULAR ADSORPTION MATERIALS IN LOAM SOILS, FOR THEIR ENVIRONMENTAL REMEDIATION IN THE ANCHILIVÍ NEIGHBORHOOD, CANTON SALCEDO, PROVINCE OF COTOPAXI, PERIOD 2022-2023"

Author: Santamaría Santana Andrea Estefanía

ABSTRACT

The current research work focused onto analyzing the soil quality after applying each the treatments for showing, which of them is the most effective in the remediation. In the first instance, it was made a biophysical diagnosis from Anchilivi neighborhood from Salcedo canton, where it was sought to determine the study area characteristics, immediately, it was analyzed if the different plots meet the soil quality adequate levels by comparing the got laboratory results, during the monitoring before and after applying each the treatments. As a last aim, it was calculated the efficacy each the used treatments in the different plots to finally determine which them is considered the most effective. To make the study, it proceeded by monitoring for 6 weeks in different experimental plots, in order to compare the 4 different compound treatments efficacy level based on zeolite and activated carbon, got data in the monitoring and through the laboratory analyzes were: it destined to the statistical graphs elaboration; into them, they were identified the high levels presence in each studied plot, by establishing in a general way that the levels do not comply, what is established in the reference values that harms the soil quality and the possible crops to develop in the sames; said work allowed to compare the adsorption levels generated starting of the different used substrates. The got information as a result the monitoring evidences, which the best treatments turns out to be number 2, made up of 15 kg of zeolite and 15 kg of activated carbon, because it has a 14.65% efficacy percentage.

Keywords: Adsorption, activated carbon, efficacy, remediation, molecular sieve, zeolite.

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL ESTUDIO	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
6. OBJETIVOS.....	4
6.1. General.....	4
6.2. Específicos	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA	8
8.1. El suelo	8
8.2. Propiedades del suelo.....	9
8.3. Recuperación de suelos.....	9
8.4. Adsorción.....	9
8.5. Nitrógeno en el suelo	10
8.6. Fósforo en el suelo	10
8.7. Potasio en el suelo.....	10
8.8. Calcio en el suelo	11
8.9. Magnesio en el suelo.....	11

8.10.	Sodio en el suelo	11
8.11.	El Carbón Activado.....	12
8.12.	Tamiz molecular de carbón activado	12
8.13.	La Zeolita	12
8.14.	Tamices moleculares de zeolitas	13
8.15.	Chi Cuadrado (X^2).....	13
8.16.	Tabla de distribución Chi Cuadrado.....	14
9.	MARCO LEGAL	14
9.1.	Constitución de la República del Ecuador (2008)	14
9.2.	Código Orgánico del Ambiente (2017)	15
9.3.	Acuerdo Ministerial 097-A	15
10.	HIPOTESIS	15
11.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
11.1.	METODOLOGÍA GENERAL.....	16
11.1.1.	Tipos de investigación.....	16
11.1.2.	Métodos.....	16
11.1.3.	Técnicas.....	17
11.1.4.	Materiales e insumos.....	18
11.1.5.	Software	19
11.2.	ÁREA DE ESTUDIO.....	19
11.2.1.	Localización geográfica.....	19
11.3.	METODOLOGÍA PARA DESCRIBIR EL ESTADO BIO FÍSICO DE LA ZONA DE ESTUDIO PARA ESTABLECER UN DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA CALIDAD DEL SUELO.....	20
11.3.1.	Método cartográfico	20
11.4.	METODOLOGÍA PARA ASOCIAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS PRODUCTO DEL MONITOREO CON NIVELES DE REFERENCIA PARA IMPLEMENTACIÓN EN CAMPO	21

11.4.1.	Adecuación del terreno	21
11.4.2.	Diseño de parcelas	21
11.4.3.	Adecuación del carbón activado para su aplicación	22
11.4.4.	Implementación de la zeolita y carbón activado en las diferentes parcelas	22
11.4.5.	Análisis de las muestras obtenidas	22
11.4.6.	Asociar los resultados obtenidos con niveles de referencia.	23
11.5.	METODOLOGÍA PARA DEFINIR EL TRATAMIENTO MÁS EFECTIVO EN FUNCIÓN DE LOS CÁLCULOS REALIZADOS.....	23
11.5.1.	Estadístico Chi cuadrado aplicado para el análisis de suelos	23
11.5.2.	Análisis de eficacia.....	24
12.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	24
12.1.	Describir el estado biofísico de la zona de estudio para establecer un diagnóstico inicial de la calidad del suelo.....	24
12.1.1.	Condiciones meteorológicas.....	24
12.2.	Asociar los resultados obtenidos producto del monitoreo con niveles de referencia para establecer si cumplen o no con los mismos.	27
12.2.1.	Análisis estadístico con Chi cuadrado	28
12.2.2.	Análisis cuantitativo aplicando gráficos estadísticos	36
13.	IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES, ECONÓMICOS)	45
13.1.	Impacto social	45
13.2.	Impacto ambiental	46
14.	CONCLUSIONES.....	46
15.	RECOMENDACIONES	47
16.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
17.	ANEXOS.....	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto de investigación _____	3
Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos. _____	6
Tabla 3. Composición de los sustratos implementados. _____	23
Tabla 4. Características de la zona de estudio _____	27
Tabla 5. Comparación de macronutrientes con niveles de referencia _____	28
Tabla 6. Valores de Chi cuadrado en el estudio _____	29
Tabla 7. Porcentaje de eficiencia de cada sustrato en relación a cada elemento analizado__	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Unidades estructurales básicas de las zeolitas	14
Figura 2 Área de estudio.....	21
Figura 3 Curva de dispersión de Ji cuadrado para pH.....	30
Figura 4 Curva de dispersión de Ji cuadrado para nitrógeno.	31
Figura 5 Curva de dispersión de Ji cuadrado para fósforo.	32
Figura 6 Curva de dispersión de Ji cuadrado para potasio	33
Figura 7 Curva de dispersión de Ji cuadrado para calcio	34
Figura 8 Curva de dispersión de Ji cuadrado para magnesio	35
Figura 9 Curva de dispersión de Ji cuadrado para sodio	36
Figura 10 Variación de pH	37
Figura 11 Variación de nitrógeno.....	38
Figura 12 Variación de fósforo	39
Figura 13 Variación de potasio	40
Figura 14 Variación de calcio.....	42
Figura 15 Variación de magnesio.....	43
Figura 16 Variación de sodio	44

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Mapa de precipitación en el área de estudio</i>	54
Anexo 2. <i>Mapa de temperatura dentro de la zona de estudio.</i>	54
Anexo 3. <i>Mapa de uso de suelo dentro de la zona de estudio.</i>	55
Anexo 4. <i>Mapa de elevaciones dentro de la zona de estudio.</i>	55
Anexo 5. <i>Resultados generales Tratamiento 1 por elemento</i>	56
Anexo 6. <i>Resultados generales Tratamiento 2 por elemento</i>	56
Anexo 7. <i>Resultados generales Tratamiento 3 por elemento</i>	56
Anexo 8. <i>Resultados generales Tratamiento 4 por elemento</i>	56
Anexo 9. <i>Ficha técnica de la zeolita utilizada.</i>	57
Anexo 10. <i>Tablas de cálculo de Ji cuadrado.</i>	58
Anexo 11. <i>Adecuación del carbón activado</i>	61
Anexo 12. <i>Resultados de laboratorio Semana Inicial</i>	62
Anexo 13. <i>Resultados de laboratorio Semana 3</i>	62
Anexo 14. <i>Resultados de laboratorio Semana 6</i>	63
Anexo 15. <i>Aval del Traductor</i>	64

PROYECTO DE TITULACIÓN

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Aplicación de materiales de adsorción molecular en suelos francos, para su remediación ambiental en el barrio Anchiliví, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, periodo 2022-2023.

Fecha de inicio: Octubre de 2022

Fecha de finalización: Mayo 2023

Lugar de ejecución: Zona rural Barrio Anchiliví del Cantón Salcedo, provincia Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia: Ingeniería Ambiental

Proyecto de investigación vinculado: No aplica

Equipo de Trabajo:

- **Tutor de Titulación:** Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.
- **Estudiante:** Andrea Estefanía Santamaría Santana

Área de Conocimiento: Suelos, contaminación, remediación, adsorción molecular

Línea de investigación: Análisis, conservación y aprovechamiento de la Biodiversidad Local

Sub líneas de investigación de la Carrera: Manejo y Conservación del Recurso Suelo

Línea de Vinculación: Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente estudio tiene como finalidad demostrar cuál de las 4 mezclas de zeolita y carbón activado es más efectivo como adsorbente en suelos del barrio Anchiliví del cantón Salcedo, monitoreando el suelo con mediciones en diferentes puntos del terreno.

Se realizó un monitoreo de suelos durante 6 semanas consecutivas en diferentes parcelas experimentales, las cuales tuvieron una dimensión de 10x5 m, en cada una de ellas se implementó un sustrato compuesto de zeolita y carbón activado en diferentes proporciones para así poder verificar cuál de ellos resulta más efectivo. En cada una de las parcelas fue aplicado 20 kg de sustrato dividido de la siguiente manera: el primer sustrato fue compuesto en partes iguales por 10 kg de zeolita y 10 kg de carbón activado, el segundo sustrato fue de 15 kg de zeolita y 5 kg de carbón activado, el tercer sustrato fue de 5 kg de zeolita y 15 kg de carbón activado, y por último el cuarto sustrato fue compuesto por 13 kg de zeolita y 7 de carbón activado. El monitoreo que permitió obtener los valores de niveles de variación de arsénico, sodio, pH, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en las diferentes parcelas experimentales, obteniendo datos para la elaboración de gráficos estadísticos; los gráficos estadísticos permitieron analizar de forma visual el comportamiento de cada uno de los puntos de muestreo al reaccionar con las diferentes sustancias químicas.

La importancia de evaluar el nivel de las medidas de tratamiento es el efecto inmediato sobre la salud de la población que provoca la enfermedad por exposición continua a determinadas sustancias. Además, puede afectar la calidad y la producción del producto.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Entre otras cosas, la contaminación del suelo por el vertido de aguas residuales, el abuso de fertilizantes, metales pesados y complejos químicos hace que su reutilización no sea totalmente posible, por lo que la eficiencia de las tecnologías aplicadas suele ser insuficiente (Fabelo, 2017).

En el Ecuador existen escasos estudios relacionados a la utilización de zeolita y carbón activado en el mejoramiento de la calidad del suelo destinado a uso agrícola, de la misma manera en el cantón Salcedo, barrio Anchiliví existe la necesidad de realizar estudios para su mejoramiento, pues una extensa área se utiliza para dichas actividades

La falta de investigación en la zona representa un grave problema para la agricultura pues el desconocimiento del nivel de contaminación del suelo puede conllevar a que los mismos productos estén en cierta medida copados por elementos trazas (E.T) que podrían ser nocivos para la salud humana.

El presente proyecto surge por la necesidad de conocer el nivel de eficacia que tiene la combinación de zeolita y carbón activado como adsorbentes en los suelos destinados al uso agrícola en el barrio Anchiliví cantón Salcedo, mismos que tendrán que ser analizados en un laboratorio certificado, seguidamente estos mismos serán sometidos a una serie de procesos de remediación ambiental mediante tamices moleculares para observar el grado de mejora que estos suelos reflejan con dichos procedimientos. Bajo esta perspectiva, la implementación de esta propuesta es una herramienta importante para la identificación de posibles mejoras de los terrenos donde existan altas alteraciones de macronutrientes. Cabe recalcar que los problemas no se pueden identificar y abordar de manera adecuada si los países y ciudades no investigan y realizan planes de acción ante los problemas identificados.

4. BENEFICIARIOS DEL ESTUDIO

En la Tabla 1 se identifican las cantidades de beneficiarios en el barrio Anchiliví los cuales se dividen en directos e indirectos y se clasifica en hombres y mujeres.

Tabla 1.

Beneficiarios del proyecto de investigación

	Beneficiarios directos	Beneficiarios Indirectos
	Población Barrio Anchilivi	Población de la parroquia San Miguel
Hombres	1628	4635
Mujeres	2061	5218
Total	3689	9853

Nota: Los beneficiarios de forma directa como resultado del desarrollo del proyecto, son aquellas personas que se encuentran dentro del barrio Anchiliví, zona donde se realizó el proyecto de investigación, (INEC, 2001).

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Desde los años cuarenta, el uso de plaguicidas ha aumentado de una manera continua, llegando a cinco millones de toneladas en 1995 a escala mundial. Se observa una tendencia actual a la reducción en el uso de los mismos en los países desarrollados; no obstante, éstos se siguen aplicando en forma intensiva en los países tropicales (Torres & Capote, 2004).

El uso de agroquímicos se ha convertido parte del proceso de cultivo, muchos agroquímicos se han manipulado en forma indiscriminada; sin tomar en cuenta el grado de toxicidad y el tiempo de incidencia de productos en el ambiente. El aumento de plagas hace pensar que existe resistencia a ciertos plaguicidas, este es el motivo por el cual el agricultor hace uso desmedido de los agroquímicos; produciéndose en el suelo degradación e infertilidad, originando un serio problema de contaminación ambiental y generando impacto ecológico, puesto que pueden producir la extinción de especies útiles y, además, generan potenciales riesgos para la salud.

En Ecuador, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la superficie de tierra dedicada a la producción agropecuaria es de 5,29 ha, correspondiente a cultivos permanentes, transitorios, pastos cultivados y naturales, por otro lado 7,03 ha. sin uso agropecuario corresponde a montes, bosques páramos, descanso y otros usos.

Como país agrícola ha utilizado tradicionalmente pesticidas en el manejo de los cultivos, un promedio general de estos productos entre 1980 y el 2003 arroja el uso anual de 5200 toneladas de fungicidas, 2190 toneladas de insecticidas y 4127 toneladas de herbicidas.

6. OBJETIVOS

6.1. General

- Aplicar materiales de adsorción molecular en suelos francos, para su remediación ambiental en el barrio Anchiliví, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, periodo 2022-2023.

6.2. Específicos

- Describir el estado biofísico de la zona de estudio para establecer un diagnóstico inicial de la calidad del suelo.
- Asociar los resultados obtenidos producto del monitoreo con niveles de referencia para establecer si cumplen o no con los mismos.
- Definir el tratamiento más efectivo en función de los cálculos realizados.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

En la tabla 2, se indican los 3 objetivos específicos planteados para llevar a cabo en el estudio realizado, para los cuales se identifican las respectivas actividades realizadas como parte de la metodología seguida para obtener los resultados registrados y dar el cumplimiento del objetivo general.

Tabla 2.*Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos.*

OBJETIVO 1	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> • Describir el estado biofísico de la zona de estudio para establecer un diagnóstico inicial de la calidad del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Delimitar el área de estudio. - Crear mapas de precipitación y temperatura, uso de suelo, elevación de la zona. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se empleó la técnica de investigación en campo, análisis cualitativo y cuantitativo de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterización biofísica de la zona.
OBJETIVO 2	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> • Asociar los resultados obtenidos producto del monitoreo con niveles de referencia para establecer si cumplen o no con los mismos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dividir el terreno en 4 parcelas experimentales de 10x5 m, utilizando surcos y estacas. - Triturar el carbón activado para adecuarlo al uso. - Monitoreo de suelos para la medición de parámetros 	<ul style="list-style-type: none"> - Se empleó el diseño de gráficos de barras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de parcelas - Mezclas de zeolita y carbón activado - Muestras de suelo - Análisis de gráficos estadísticos. -

como As, Na,
pH, N, P, K,
Ca y Mg en las
parcelas
experimentales

OBJETIVO 3	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> ● Definir el tratamiento más efectivo en función de los cálculos realizados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Calcular Ji cuadrado a cada uno de los elementos analizados. - Verificar el porcentaje de adsorción de cada elemento. - Utilizar la fórmula de eficacia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilización de fórmulas de Ji cuadrado establecidas. - Se emplearon cálculos matemáticos, puesto que esto permitió establecer el porcentaje de eficacia en cada elemento y parcela. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chi cuadrado. - Eficacia

Elaborado por: Andrea Santamaría

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

8.1. El suelo

Según (Andrades Rodríguez & Martínez Villar, 1993), el suelo como fuente de soporte material y nutrientes es un elemento esencial para el correcto desarrollo y buena producción de cualquier especie vegetal.

Para (Casanova Olivo, 1996), desde el punto de vista agronómico, el suelo es el lugar donde viven y crecen las plantas y los animales, y es fundamental para el sostenimiento de la vida humana. Para los ingenieros de minas, el suelo es el material que recubre las rocas y los minerales a extraer y procesar.

Según (Paredes García & Romero Panduro, 2021), el suelo contiene componentes inorgánicos (arcilla, arena, aire y agua) y componentes orgánicos (restos de plantas y animales que se descomponen en humus). El suelo consta de etapas que se describen a continuación:

Fase sólida: incluye minerales litosféricos como arena silícea, arcilla y cal, y componentes de la litosfera como el humus. El espacio poroso del suelo es el porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general, el volumen del suelo consiste en un 50 % de sólidos (45 % de minerales y 5 % de materia orgánica) y un 50 % de espacio poroso. El espacio poroso se puede dividir en macroporos y microporos, donde el agua, los nutrientes, el aire y los gases pueden circular o almacenarse (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2017).

Fase líquida: Comprende el agua que se filtra por entre las partículas del suelo.

Fase gaseosa: Presenta composición similar al aire, con mayor proporción de CO y H₂O(g); el agua disminuye los espacios de aire.

8.2. Propiedades del suelo

Las propiedades físicas del suelo determinan en gran medida la capacidad de las personas para usarlo para muchos propósitos. La condición física del suelo determina su dureza y soporte, facilidad de penetración de raíces, aireación, capacidad de drenaje y almacenamiento, plasticidad y retención de nutrientes. Se considera necesario que los involucrados en el uso de la tierra comprendan las propiedades físicas del suelo, comprendan en qué medida y cómo afectan el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo son modificadas por la actividad humana, así como comprender la importancia de conservación de suelos en terrenos. tierra. mejor condición posible Condiciones físicas (Rucks et al., 2004).

8.3. Recuperación de suelos

La recuperación de suelos es un proceso de restauración y mejora de la calidad del suelo que ha sido degradado o contaminado por diferentes actividades humanas o naturales. La recuperación de suelos es importante porque los suelos saludables son vitales para la producción de alimentos, la conservación de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático.

Las diferentes técnicas de recuperación del suelo tratan de actividades humanas que previenen, controlan, corrigen o mitigan el impacto que tiene un suceso tanto natural como antrópico en un suelo, por medio de una intervención la cual puede ir desde plantar cobertura vegetal autóctona del sitio, como diseños especiales en el terreno (Contreras Contento & Torres Ardila, 2021).

8.4. Adsorción

La adsorción es capaz de eliminar contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua, es un proceso dinámico por el cual las moléculas de un compuesto llamado adsorbato, que se encuentra en una fase fluida (líquida o gaseosa), se adhiere por distintos tipos de fuerzas o mecanismos de interacción a la superficie de un sólido, llamado adsorbente, donde quedan retenidos. Existen diferentes métodos para la adsorción como el uso de resinas de intercambio iónico, bio-carbón activado, aplicación de materiales biológicos (bioadsorción), etc (Fernández Ávila, 2020).

8.5. Nitrógeno en el suelo

Según Schlesinger (1997) “la mayor parte del nitrógeno del suelo está contenido en la materia orgánica de los animales, plantas, hongos y bacterias muertos”. De acuerdo a Vitousek y Matson, (1985) “las principales formas biológicas de nitrógeno activas para las plantas son inorgánicas: amonio y nitrato.”

8.6. Fósforo en el suelo

En el suelo existen varias formas químicas de fósforo, incluyendo el inorgánico (Pi) y el orgánico (Po). Estos componentes tienen múltiples fuentes de origen natural y antropogénico, los cuales difieren ampliamente en su comportamiento y destino tanto en suelos naturales como cultivados. Se estima que del P aplicado como fertilizante para los cultivos sólo el 10-20% es aprovechado durante el primer año, debido a que la mayor parte es rápidamente fijado o precipitado a formas de baja solubilidad (Lozano et al., 2012).

El fósforo es un elemento de gran importancia e insustituible en el crecimiento y desarrollo de las plantas, también está involucrado con la fertilidad del suelo. Entre los nutrientes, el fósforo ha recibido una atención considerable en comparación con otros elementos debido al hecho de que el fósforo es un recurso no renovable e insustituible en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Los estudios han demostrado que las reservas de minerales ricos en fósforo se agotarán en 50–100 años (Driver et al., 2010) con una pérdida severa de fósforo en campos agrícolas y una tasa de reciclaje muy lenta por procesos naturales (Weikard & Seyhan, 2009).

8.7. Potasio en el suelo

El potasio es uno de los macronutrientes esenciales para las plantas y juega un papel importante en el crecimiento, la reproducción y la resistencia a enfermedades. El potasio en el suelo se encuentra principalmente en forma de iones intercambiables, que están disponibles para las raíces de las plantas.

Según Cáceres (2017) los suelos arcillosos y ricos en minerales primarios suelen contener niveles más altos de potasio que los suelos arenosos o pobres en minerales primarios. El nivel óptimo de potasio en el suelo para el crecimiento de las plantas varía según el cultivo, pero en general se considera que el rango óptimo es de 100 a 400 mg/kg.

8.8. Calcio en el suelo

El calcio es un catión divalente, con un radio iónico hidratado de 0,412 nm y una energía de hidratación de 1577 J/mol. Es uno de los elementos más abundantes en la litosfera y puede encontrarse en los suelos en muy variada proporción, dependiendo en gran medida de la roca madre. Sus formas minerales más frecuentes son: carbonatos, fosfatos, sulfatos y algunos silicatos; los dos primeros con una solubilidad muy variable y prácticamente insolubles el resto nutriente (Monge et al., 1995).

El objeto de adicionar calcio a los suelos no es otro que el de mejorar la producción. El pobre crecimiento de las plantas en suelos ácidos se explica por la escasez de calcio, la severa deficiencia del fósforo debida a la fijación del suelo y por la toxicidad de los iones hidrógeno, manganeso y aluminio (Santaella Gutiérrez & González, 1965).

8.9. Magnesio en el suelo

El estado del magnesio en el suelo se caracteriza por un proceso dinámico, influenciado por varios factores como el clima, pH del suelo, temperatura y humedad del suelo, y presencia de otros cationes. Del magnesio total del suelo, el que se encuentra en rocas y minerales primarios representa entre 90 y 99% de la reserva total y está presente en cantidades mucho mayores que las absorbidas por las plantas (Ross, 2004).

El Mg es un elemento esencial y es componente químico de la molécula de clorofila, por lo que es fundamental para la fotosíntesis, forma parte de varias proteínas de las plantas e interviene en el metabolismo de los carbohidratos (Zérega et al., 1977).

8.10. Sodio en el suelo

Las altas concentraciones de sodio en los suelos son responsables de la floculación o dispersión de las partículas (materia orgánica y arcillas), así como de la disminución de la permeabilidad o infiltración de agua a través del perfil, degradándolo físicamente. En los suelos sódicos, la concentración de sodio es mayor que la suma de la concentración de calcio y magnesio (Fertilab, 2015).

8.11. El Carbón Activado

El término “carbón activado” se refiere a carbones muy porosos producidos a partir de materiales ricos en carbono, mediante diversas formas de activación química o físicas (Carriazo et al., 2010).

El carbón activado es un material de carbón que se prepara en la industria para que tenga una elevada superficie interna y así poder adsorber (retener sobre su superficie) una gran cantidad de compuestos muy diversos, tanto en fase gaseosa como en disolución (Rodríguez Reinoso & Molina Sabio, 2002).

8.12. Tamiz molecular de carbón activado

Los tamices moleculares de carbón (TMC) han sido definidos como materiales adsorbentes, de composición carbonosa y con una estructura porosa muy uniforme, de forma que los anchos de poro efectivos tienen un rango muy estrecho (entre aproximadamente 4 a 9 Å) y distribuciones de tamaño de poro más estrechas que en los carbones activados típicos (Amaya, 2011).

Rodríguez y Molina (2002) refiere que el carbón activado es un material de carbón que se prepara para que tenga una elevada superficie interna y así poder adsorber (retener sobre su superficie) una gran cantidad de compuestos muy diversos, tanto en fase gaseosa como en disolución. El mismo autor menciona que la elevada capacidad de eliminación de sustancias se debe a la alta superficie interna que posee, porosidad y distribución de tamaño de poros juegan un papel importante. Por otra parte, el carbón activado tiene escasa especificidad ante un proceso de retención, es un adsorbente “universal”.

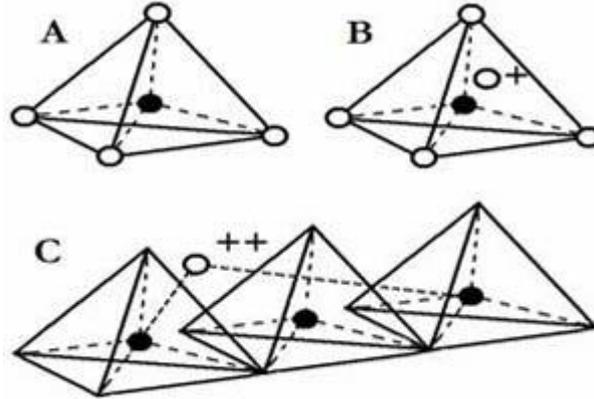
8.13. La Zeolita

La zeolita es un aluminosilicato hidratado cristalino (arcilla) con estructuras tridimensionales, caracterizados por la habilidad de retener y liberar agua e intercambiar iones sin modificar su estructura atómica, intercambian cationes como Ca^+ , Mg^{++} , K^+ y NH_4^+ , así como diversos compuestos de fosfatos, amonio y componentes de la materia orgánica.¹⁰ Posee una estructura tridimensional rígida (similar a un panal de abejas) como se puede observar en la figura 1, conformado por una red de túneles interconectados creando un amplia área

superficial para realizar el intercambio catiónico y la adsorción de humedad (Chica Toro et al., 2006).

Figura 1

Unidades estructurales básicas de las zeolitas.



Nota. A) Tetraedro con un átomo de Si en el centro y átomos de O en los vértices; B) Tetraedro con átomo de Al sustituyendo el Si y unido a un catión monovalente para compensar la diferencia de cargas; C) Átomo de Al para balancear las cargas entre el Al y el Si en una cadena múltiple de tetraedros. Tomado de Scielo [Fotografía] Curi et. al (2020), https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000600017

8.14. Tamices moleculares de zeolitas

Las propiedades y características que estas poseen permiten que se lleven a cabo en diferentes campos de aplicación. Una de las principales aplicaciones en zeolitas es la remoción de metales pesados en estado líquido, donde se ha demostrado en los resultados los altos porcentajes de eficiencia, es debido a esto que, se ha decidido utilizar esta estrategia para la absorción de metales pesados en suelos que han sido impactados por actividades antropogénicas tales como curtiembres, minería, uso de agroquímicos, rellenos sanitarios y botaderos a cielo abierto, por lo tanto, se espera que al igual que en la literatura se logre una alta eficiencia en la remediación del suelo (Peñuela & Garcia, 2022).

8.15. Chi Cuadrado (χ^2)

El estadístico chi cuadrada se puede usar para someter a prueba hipótesis contrastando frecuencias observadas (datos obtenidos en el estudio) con frecuencias esperadas (datos calculados teóricamente) de acuerdo con una hipótesis nula que corresponde a la diferencia entre estas dos frecuencias (Hernández de la Rosa et al., 2017). Se ha establecido como un procedimiento para valorar la bondad de ajuste de datos a una distribución de probabilidad

conocida donde se emplea el análisis de dos o más grupos y de dos o más variables convirtiéndose en una de las pruebas mejor aceptadas y aplicable en múltiples casos.

8.16. Tabla de distribución Chi Cuadrado

La tabla de chi cuadrado está conformada por los grados de libertad ubicados en la primera columna y por la probabilidad asociada a valores mayores a un determinado valor estadístico ubicada en la primera fila. Para poder realizar una buena interpretación de la tabla, se debe tener en cuenta que los grados de libertad dependen del número de celdas que tiene la tabla de asociación donde están los datos del problema (Tinoco Gómez, 2008).

9. MARCO LEGAL

9.1. Constitución de la República del Ecuador (2008)

En la Constitución de la República del Ecuador publicada el 20 de octubre del año 2008, concretamente en el Título II, sección segunda del Ambiente Sano, el Artículo 14 especifica el derecho del Buen Vivir.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay* (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Por otro lado, en la misma Constitución de la República del Ecuador específicamente en el Título IV, capítulo segundo Biodiversidad y recursos naturales, sección quinta Artículos 409 y 410 hacen referencia al Suelo.

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 410.- El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

9.2.Código Orgánico del Ambiente (2017)

En el Código Orgánico del Ambiente, en el capítulo V, se especifica sobre la calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos, en lo que se refiere a suelos se habla específicamente en el artículo 197.

Art. 197.- Actividades que afecten la calidad del suelo. Las actividades que afecten la calidad o estabilidad del suelo, o que puedan provocar su erosión, serán reguladas, y en caso de ser necesario, restringidas. Se priorizará la conservación de los ecosistemas ubicados en zonas con altas pendientes y bordes de cuerpos hídricos, entre otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional (COA, 2017).

9.3.Acuerdo Ministerial 097-A

Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria en Medio Ambiente (2015).

En la norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados Anexo 2, se detalla el marco legal aplicable para el presente trabajo de investigación, los cuales son:

4.4.2 Criterios de calidad del suelo. - Los criterios de calidad del suelo son valores de fondo aproximados o límites analíticos de detección para un contaminante presente en el suelo. Los valores de fondo se refieren a los niveles ambientales representativos para un contaminante en el suelo. Estos valores pueden ser el resultado de la evolución natural del área, a partir de sus características geológicas, sin influencia de actividades antropogénicas. Los criterios de calidad del suelo constan en la Tabla 1 (Acuerdo_097A, 2015).

10. HIPOTESIS

¿La variación de concentración de zeolita y carbón activado en cada parcela son factores que aumentan la eficacia de la remoción de contaminantes en suelos?

Si, a través del estudio realizado en las diferentes parcelas experimentales, monitoreando y registrando los datos de pH, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio durante las 6 semanas experimentales, permitieron aceptar la hipótesis planteada, dado que con la implementación de los diferentes sustratos se consiguen valores de remediación diferentes entre los tratamientos utilizados evidenciando que la variación de la concentración de cada elemento si puede aumentar la eficacia de los tratamientos. Permitieron determinar que

el tratamiento más efectivo para la mayoría de elementos estudiados es el número 2; evidenciando que existe una mejora al aplicar estos tratamientos puesto que al terminar la experimentación algunos de ellos ya cumplen con la normativa y valores de referencia establecidos, y los demás están más cerca de cumplir con lo necesario dentro de lo que suelos agrícolas se refiere.

11. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

11.1. METODOLOGÍA GENERAL

11.1.1. Tipos de investigación

a. Investigación documental

Fue necesario realizar la revisión documental en bibliotecas y fuentes digitales como revistas entre ellas Scielo, Redalyc, bibliotecas virtuales como e-libro y repositorios de universidades nacionales e internacionales; debido a que se requiere adquirir bases en conocimiento de: Leyes y normativas vigentes para suelos; recopilación de información de tamices moleculares; revisión conceptual de la función de carbón activado y zeolita.

b. Investigación analítica

Mediante la investigación analítica se obtuvo pruebas científicas que permitió valorar los hechos mediante evidencias de apoyo justificar el cómo y por qué sucedieron los cambios evidenciados en cada una de las parcelas experimentales; de acuerdo con Ortega (2020), la investigación analítica se realiza de diversas maneras que incluyen investigación literaria, la opinión pública, pruebas científicas y meta análisis, que facilita la recopilación de datos y otros hechos significativos que son oportunos a un plan.

11.1.2. Métodos

a. Método cuantitativo

El método cuantitativo facilitó jerarquizar, medir y categorizar los datos levantados en campo mediante análisis estadísticos utilizando Chi cuadrado con el desarrollo de sus fórmulas, para descubrir patrones y relaciones entre los niveles de varianza en las distintas parcelas

experimentales del área de estudio, además permitió descubrir el mejor resultado entre los distintos tamices implementados mediante el cálculo de eficacia utilizando la ecuación propuesta por Schmidt para así verificar cuál es el mejor de los sustratos.

b. Método analítico

Aplicar el método analítico en la investigación fue indispensable, ya que se consiguió interpretar información que fue obtenida de los análisis de laboratorio, y así definir un diagnóstico de la mejor remediación obtenida.

c. Método de muestreo

Utilizar el método de muestreo propuesto por el (INTAR) en el desarrollo del proyecto fue preciso para obtener las muestras que fueron enviadas a laboratorio y de esta manera conseguir los datos necesarios para el posterior análisis de eficiencia de los sustratos. Este método se efectuó tomando muestras simples de 1 kilogramo de suelo en cada parcela experimental, cada una a unos 15 cm de profundidad. Los instrumentos utilizados para la recolección de las muestras fueron palas con punta, una balanza digital y fundas ziploc para depositar el contenido. Para ser debidamente identificadas se procedió a colocar una etiqueta con el número de muestra, la ubicación del muestreo, la fecha del muestreo y el nombre del propietario. Este muestreo se lo realizó con 3 y 6 semanas de diferencia desde la aplicación de los sustratos a las parcelas.

11.1.3. Técnicas

a. Revisión bibliográfica

La técnica de revisión bibliográfica se empleó dentro de la investigación bibliográfica, permitiendo la recopilación de información acerca de la zeolita y el carbón activado como tamices moleculares para la adsorción. Además de obtener información de estudios previos realizados con estos materiales y sus resultados, por otro lado, también permitió el conocer los niveles de referencia propuestos por autores, todo ello fue revisado en diferentes fuentes como Google académico, revistas de divulgación científica como Scielo, Ecosistemas, etc. repositorios virtuales de diversas universidades como la Universidad de Valencia, Universidad Técnica de Machala, Universidad de Córdoba, etc.

b. Técnica de campo

Según Rodríguez (2002) menciona que:

El método de campo es un proceso que nos permite obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad social o estudiar la situación para diagnosticar las necesidades y problemas, esto se realiza en el lugar donde se encuentra el objeto de estudio.

En esta investigación se empleó para realizar un reconocimiento inicial del área de estudio para el posterior desarrollo de las parcelas y el monitoreo In-Situ de la zona. Así también se pudo visualizar qué tipo de características presenta la zona y el terreno donde se realizó la implementación del proyecto investigativo. Esta técnica se desarrolló mediante una visita inicial el día 19 de noviembre de 2022 en la cuál con la guía del propietario del terreno se realizó un breve recorrido en el área del terreno para saber sus dimensiones, ubicación geográfica y nivel altitudinal con respecto al nivel del mar.

c. Monitoreo

Facilitó la obtención de datos entre las 6 diferentes semanas de experimentación en los diferentes puntos de monitoreo, teniendo como fechas el 8/12/2022, 7/02/2023 y el 26/02/2023 permitiendo realizar comparaciones de los datos registrados entre los diferentes puntos dentro de la zona de estudio.

11.1.4. Materiales e insumos

- GPS
- Computador
- Baterías
- Libreta de campo
- Celular
- Materiales de oficina
- Palas

- Fundas ziploc
- Zeolita natural
- Carbón activado
- Rastrillo
- Guantes

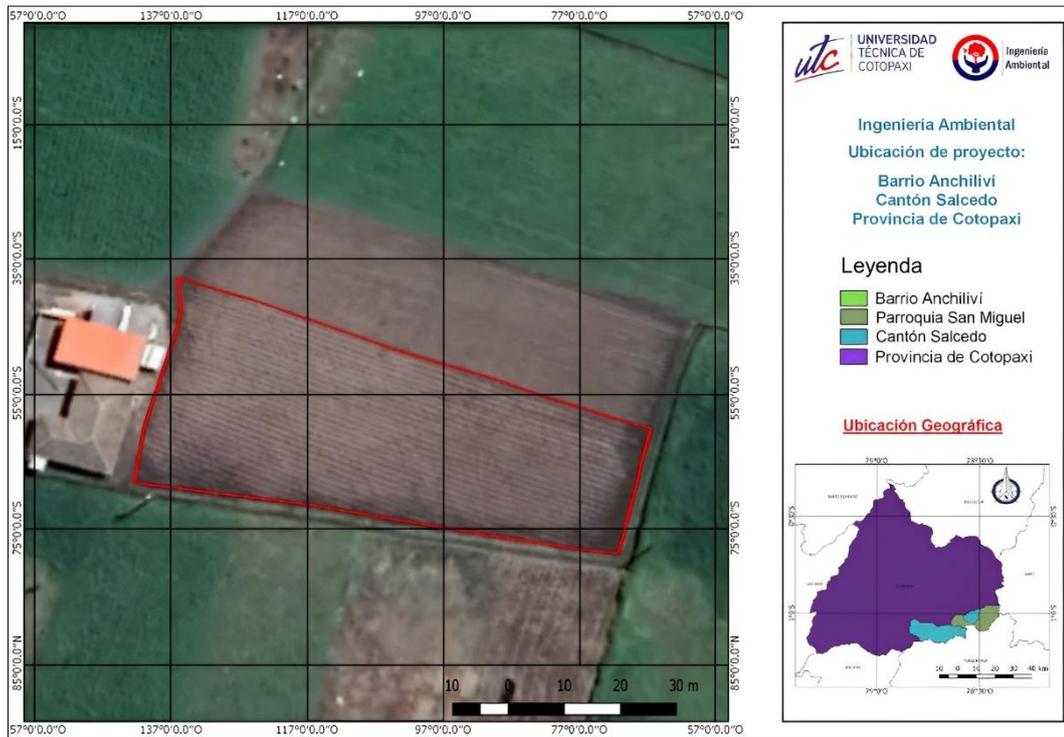
11.1.5. Software

- Q-Gis
- Excel
- Word
- GeoGebra

11.2. ÁREA DE ESTUDIO

11.2.1. Localización geográfica

El estudio se realizó en la zona rural en el barrio Anchiliví del cantón Salcedo de la provincia de Cotopaxi; se ubica en el centro del Ecuador a 131 km de Quito y a 301 km de Guayaquil. Hacia el este colinda con el barrio Bellavista, hacia el sur con el barrio Yanayacu, en el norte con el barrio Langasa y en el oeste con el barrio Eloy Alfaro.

Figura 2*Área de estudio*

Nota: La zona contorneada con rojo representa el área total del terreno dentro del barrio Anchiliví.

El estudio está enfocado en el área rural del cantón Salcedo, sin embargo, se centra específicamente en la zona del barrio Anchiliví debido a la concentración de campos agrícolas que se establecen. El área experimental tiene forma rectangular como se puede apreciar en la figura 2.

11.3. METODOLOGÍA PARA DESCRIBIR EL ESTADO BIO FÍSICO DE LA ZONA DE ESTUDIO PARA ESTABLECER UN DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA CALIDAD DEL SUELO.

11.3.1. Método cartográfico

Mediante la aplicación del método cartográfico se sintetizaron datos de las condiciones meteorológicas, lo cual permitió relatar y observar los diferentes elementos físicos que inciden en los suelos. Se elaboraron mapas de:

- Temperatura

- Precipitación
- Uso de suelo
- Elevaciones

11.4. METODOLOGÍA PARA ASOCIAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS PRODUCTO DEL MONITOREO CON NIVELES DE REFERENCIA PARA IMPLEMENTACIÓN EN CAMPO

11.4.1. Adecuación del terreno

El terreno originalmente dispone de 1140 m² aproximadamente, dentro de ellos se establecieron 4 parcelas de 10x5m de forma rectangular, para la división de cada una de ellas se crearon surcos, además se extendieron estacas para poder delimitarlas con la ayuda de una cinta plástica.

En el diseño de parcelas se utilizaron diversos materiales como fueron, azadones, estacas, cintas, clavos y palas, guantes. Primero fue necesario remover la maleza ahí depositada este proceso fue desarrollado de forma manual con la ayuda de guantes, posteriormente se realizaron los surcos de división para que pudieran quedar un tanto elevadas al resto del terreno y como una forma de delimitación. Seguidamente se realizaron hoyos alrededor del surco para poder colocar las estacas en las que se clavaría una cinta plástica alrededor para una mejor delimitación e identificación de cada parcela.

11.4.2. Diseño de parcelas

Se diseñaron 4 parcelas dentro del área de estudio, cada una de ellas con una dimensión de 10x5 m donde se desarrolló el proyecto experimental. Las mismas fueron creadas con la ayuda de metros para medir sus proporciones, se delimitaron con estacas y cintas, además de ello se realizaron surcos de unos 20 cm de ancho para su mejor delimitación con la ayuda de azadones. Las medidas de las parcelas fueron seleccionadas puesto que como menciona Gavilánez et. al (2017), cuando los tratamientos representan sustancias inertes, el tamaño de la parcela es relativamente pequeño. Además, en el caso de las variables de respuesta que se miden en las parcelas experimentales, éstas a su vez tienen relación exclusiva con los tratamientos en estudio, Álvarez, Soto y Gómez (1986), definen también el tamaño que debe tener la parcela

experimental. Es así que, si la única variable de respuesta es el nivel de mejora de los sustratos, ésta puede evaluarse en áreas de parcelas relativamente pequeñas.

11.4.3. Adecuación del carbón activado para su aplicación

Puesto que el carbón activado se consiguió en forma granulada o de pequeños trozos de diámetro 3mm fue necesario triturarlo con la ayuda de molienda este proceso fue realizado con la ayuda de más personas, una vez terminado se pesaron 40 kg del mismo.

11.4.4. Implementación de la zeolita y carbón activado en las diferentes parcelas

Para la implementación de estos elementos se realizaron 4 mezclas diferentes con diferentes composiciones de zeolita y carbón activado, para la posterior verificación de cuál resulta más eficiente.

En la tabla 3 se detalla la composición de cada uno de los sustratos y en cuál de las parcelas fueron depositadas.

Tabla 3.
Composición de los sustratos implementados.

Parcelas	Contenido del sustrato	
	Zeolita	Carbón Activado
Tratamiento 1	10	10
Tratamiento 2	15	5
Tratamiento 3	5	15
Tratamiento 4	13	7

Nota: Los valores representados de contenido de zeolita y carbón activado están expresados en kg.

Estos valores experimentales fueron seleccionados debido a las dimensiones de cada parcela puesto que no representan un área muy extensa y además están basados en el estudio previo realizado por Vilema (2017).

11.4.5. Análisis de las muestras obtenidas

Las muestras obtenidas durante las 6 semanas de experimentación, fueron etiquetadas y posteriormente enviadas al laboratorio de suelos de Instituto Nacional de Investigaciones

Agropecuarias Santa Catalina ubicado en la Panamericana Sur Km1, sector Cutuglagua, para ser analizados utilizando método Olsen modificado.

11.4.6. Asociar los resultados obtenidos con niveles de referencia.

En los Anexos 5, 6, 7 y 8 se representan los datos obtenidos a lo largo de todo el periodo de monitoreo de las 6 semanas de experimentación en cada una de las parcelas experimentales, correspondiente a pH, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio.

En base a los valores máximos permisibles dados por la normativa técnica ecuatoriana y los propuestos por Amores et. al (2010) se diseñó la Tabla 5, donde se detallan los niveles máximos permisibles para cada elemento analizado en el periodo de experimentación, comparando así si existe o no el cumplimiento adecuado de estos parámetros. Además, se crearon gráficos de barras con la ayuda de Excel, para visualizar gráficamente el cumplimiento o no de estos niveles a lo largo de todo el periodo de experimentación.

11.5. METODOLOGÍA PARA DEFINIR EL TRATAMIENTO MÁS EFECTIVO EN FUNCIÓN DE LOS CÁLCULOS REALIZADOS.

11.5.1. Estadístico Chi cuadrado aplicado para el análisis de suelos

Aplicando el software Excel, se realizó un análisis estadístico de Chi cuadrado con un margen de error correspondiente al 5%. Tomando como valor observado los datos resultantes del análisis de laboratorio en cada una de las parcelas durante las 6 semanas de monitoreo; y como valor esperado, para pH el nivel máximo permisible en suelos agrícolas, por otro lado, para los demás elementos se calcularon utilizando la ecuación 1.

Mediante la aplicación de la Ecuación 1, se ha calculado el valor de Chi cuadrado para cada uno de los elementos.

Ecuación 1

Chi cuadrado

$$X^2 = \sum \frac{(o_i - e_i)}{e_i}$$

Donde o_i representa a cada una de las frecuencias observadas

e_i representa a cada frecuencia esperada.

11.5.2. Análisis de eficacia

Aplicando el software Excel, se realizó un análisis de eficacia, tomando como concentración inicial los datos resultantes del análisis de laboratorio en la semana 1; y como valor de la concentración final, los datos provenientes del análisis de laboratorio en la semana 6.

Mediante la aplicación de la Ecuación 2, con la ayuda de la ecuación proporcionada por Smicht (1992) se ha calculado el porcentaje de eficacia de cada tratamiento con respecto a cada uno de los elementos analizados en las diferentes parcelas.

Ecuación 2

$$\epsilon = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100$$

Donde:

ϵ es la eficacia

C_i es la concentración inicial

C_f es la concentración final

El 100 es utilizado para su conversión a porcentaje

12. ANÁLISIS DE RESULTADOS

12.1. Describir el estado biofísico de la zona de estudio para establecer un diagnóstico inicial de la calidad del suelo.

12.1.1. Condiciones meteorológicas

Hay muchos factores atmosféricos y meteorológicos que cambian con el tiempo y juntos afectan la propagación del macronutriente y los resultados de la

medición para un punto específico dependen de las condiciones climáticas durante la toma de muestra, se han realizado mapas de precipitación, temperatura, uso de suelo, elevaciones.

a. Precipitación

En el Anexo 1, se indica la precipitación registrada durante el año, indicando que varía entre los 0 mm y 1500 mm dependiendo la zona. Dentro del área experimental es de entre 500-750 mm. La estación de Rumipamba-Salcedo M004, registra una precipitación anual mínima acumulada de 372 mm y máxima de 500 mm en los últimos 30 años según los datos proporcionados por el Instituto nacional de meteorología e hidrología (INAMHI), con un promedio de 83 mm. Los meses más lluviosos son los de noviembre hasta mayo, mientras que los meses de menor precipitación desde junio hasta octubre (Burgasí Oña & Cayo Pallasco, 2016).

b. Temperatura

En el Anexo 2, se registran los valores de la temperatura promedio en la parroquia San Miguel, indicando un rango de 6 °C a 14 °C dependiendo de la zona. En la zona experimental oscila entre 10 y 12 °C. La provincia de Cotopaxi al encontrarse atravesada por la Cordillera de los Andes ha registrado diferentes rangos de temperatura por las diferencias altitudinales halladas en la extensión de su territorio, que va de 10° C a 14°C en el valle interandino en los cantones Latacunga, Saquisilí, Pujilí, Salcedo y Sigchos (PDOTC,2015).

c. Uso de suelo

En el Anexo 3, se registran los diferentes usos de suelo que se da en la parroquia San Miguel del cantón Salcedo, indicando diferentes actividades. En la zona experimental varía entre cultivos y área construida. Dentro de la zona de experimentación del barrio Anchiliví es destacable la coloración en tonalidades rojas y naranjas, la zona roja corresponde a las áreas de construcción, mientras que la zona naranja al área de cultivos.

d. Elevación

En el Anexo 4 se registra el nivel de elevación dentro de la parroquia San Miguel del cantón Salcedo, es una variación de tonalidades entre el café siendo este la parte más baja, y el azul turquesa, correspondiendo a las zonas más altas.

Dentro de la zona de estudio en lo que corresponde al barrio Anchiliví se destaca la coloración marrón, lo que demuestra que se encuentra en los 2640 msnm aproximadamente. El

Cantón Salcedo está a 2683 metros sobre el nivel del mar. La sede del cantón está ubicada en un valle que se extiende desde el límite cantonal al sur de Latacunga hasta el límite con la parroquia de Panzaleo. También cuenta con 2 valles más como el Valle de Yanayacu y el Valle de Nagsiche. En cuanto a altura, cuenta con cumbres como Churuloma, Chanchaló, Ilinpucho, Palama, Cumbijín, Galpón, Pucará, Rumiquincha, Atocha, Yanahurco y todo el sector del Parque Nacional Llanganates. A baja altura encontramos El Calvario, Lampata, Yambopungo, Cerro Curiquingue, Jachaguango y Alpamálag (GAD Salcedo, 2022).

En la Tabla 4 se evidencian algunas de las características biofísicas del área de estudio, estos datos fueron obtenidos en forma de shapefile desde el portal web de SIGTIERRAS, y la página web de la Universidad del Azuay.

Tabla 4

Características de la zona de estudio

	Característica
Altitud	2640 msnm
Temperatura	10°C-12°C
Precipitación	500mm-750mm anual
Suelo	Mollisol
Textura	Franco
Pendiente	5%-12%
Vegetación	Pastos plantados-Cultivos de ciclo corto
Geomorfología	Relieves interandinos

Nota. *Basado en los datos espaciales proporcionados por SIGTIERRAS.*

12.2. Asociar los resultados obtenidos producto del monitoreo con niveles de referencia para establecer si cumplen o no con los mismos.

En la tabla 5, se presentan los niveles de cada macronutriente de cada muestreo en el monitoreo, datos que se han comparado con los niveles propuestos por Amores et. al (2010) dado que no existen valores de referencia en la normativa ambiental ecuatoriana.

Tabla 5

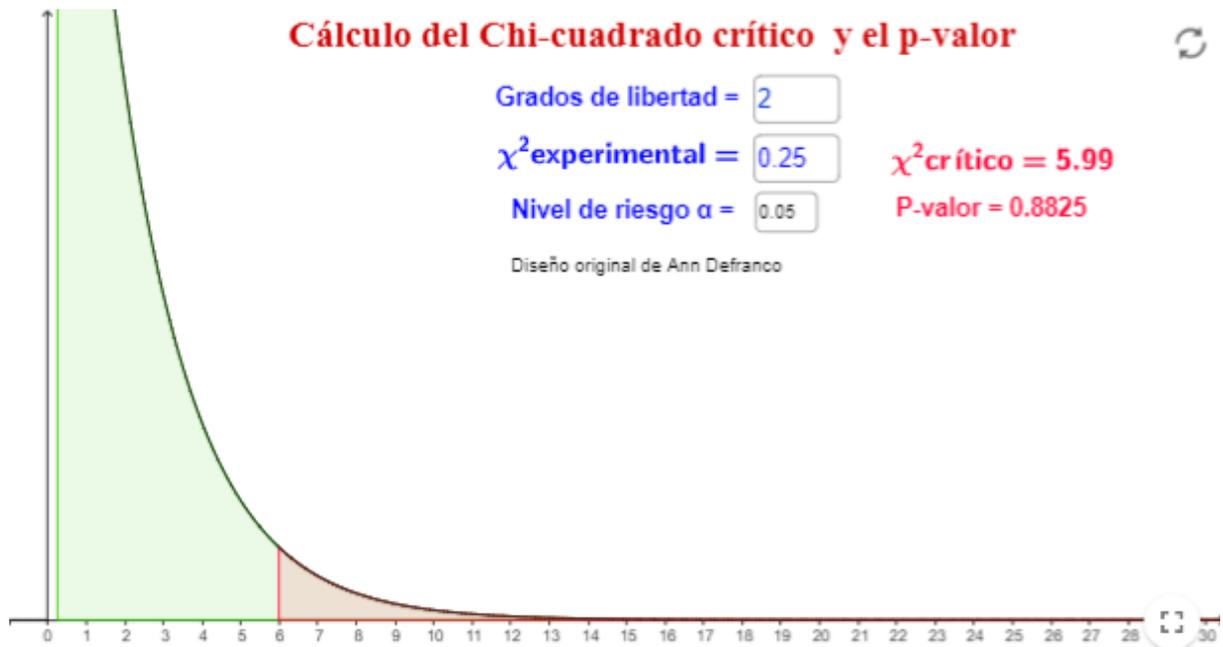
Comparación de macronutrientes con niveles de referencia

		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Máx. Permisible
1	pH	8	8.1	7.91	8.19	7.5
	Nitrógeno (mg/kg)	98.74	70.12	80.12	83.43	24
	Fósforo (mg/kg)	75.95	71.29	77.31	67.01	25
	Potasio (mg/kg)	750.7	696	832.8	754.6	469.2
	Calcio (mg/kg)	4081.9	4146.1	3833.5	3460.7	2104.1
	Magnesio (mg/kg)	776.5	747.4	730.4	697.6	486.1
	Sodio (mg/kg)	50.6	43.7	66.7	57.5	391
3	pH	7.77	7.75	7.85	7.92	7.5
	Nitrógeno (mg/kg)	70.09	69.61	74.74	64.08	24
	Fósforo (mg/kg)	71.67	64.16	69.26	64.45	25
	Potasio (mg/kg)	696	543.5	692.1	637.3	469.2
	Calcio (mg/kg)	3925.6	3524.9	3390.6	3446.7	2104.1
	Magnesio (mg/kg)	744.9	706.1	708.5	687.8	486.1
	Sodio (mg/kg)	92	110.4	75.9	66.7	391
6	pH	7.57	7.63	7.74	7.86	7.5
	Nitrógeno (mg/kg)	69.28	67.40	69.36	63.44	24
	Fósforo (mg/kg)	70.23	61.71	63.85	61.47	25
	Potasio (mg/kg)	559.1	496.6	637.3	512.2	469.2
	Calcio (mg/kg)	3659.1	3252.3	3112.1	3310.4	2104.1

Con la ayuda de los datos obtenidos mediante los cálculos y de la tabla de distribución del Chi cuadrado, se ha logrado realizar la gráfica con la curva de dispersión de Chi cuadrado para pH Figura 3 en el que se representa la zona de rechazo y la zona de aceptación en función de los grados de libertad y el margen de error que se ha tomado de un 5%.

Figura 3

Curva de dispersión de Chi cuadrado para pH.



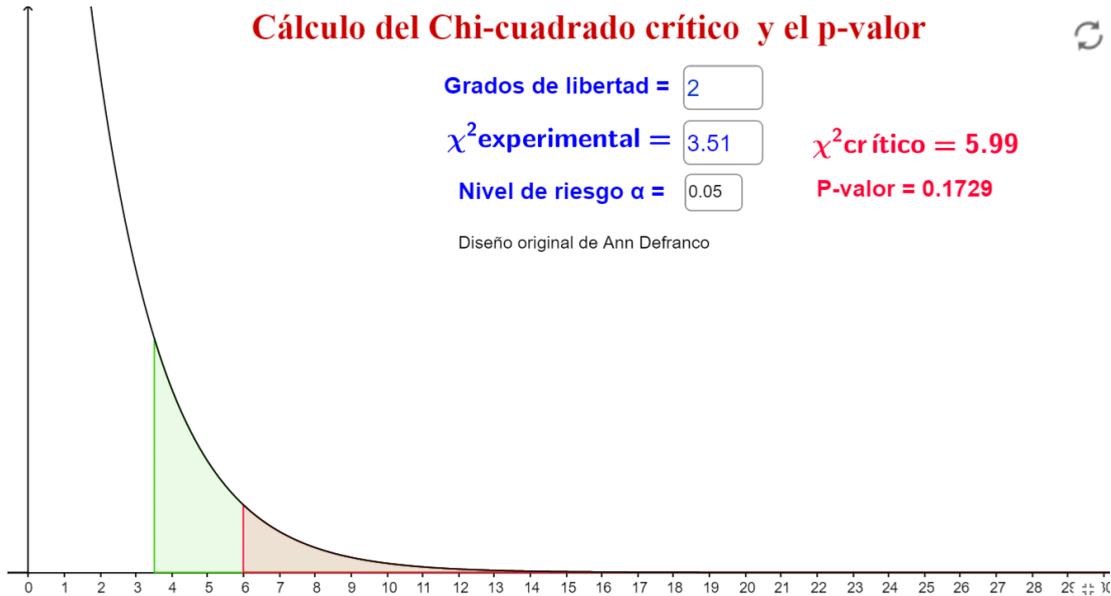
Nota: El valor del χ^2 experimental, se situó en la zona de aceptación que está determinada por el χ^2 crítico.

El valor de Chi cuadrado calculado que es 0.25, cae dentro de la zona de aceptación, por lo tanto, se acepta hipótesis nula, que sostiene que la variación de concentración de zeolita y carbón activado en cada parcela son factores que aumentan la eficacia de la remoción de contaminantes en suelos.

Con la ayuda de los datos obtenidos mediante los cálculos y de la tabla de distribución del Chi cuadrado, se ha logrado realizar la gráfica con la curva de dispersión de Chi cuadrado para nitrógeno Figura 4 en el que se representa la zona de rechazo y la zona de aceptación en función de los grados de libertad y el margen de error que se ha tomado de un 5%.

Figura 4

Curva de dispersión de Chi cuadrado para nitrógeno.



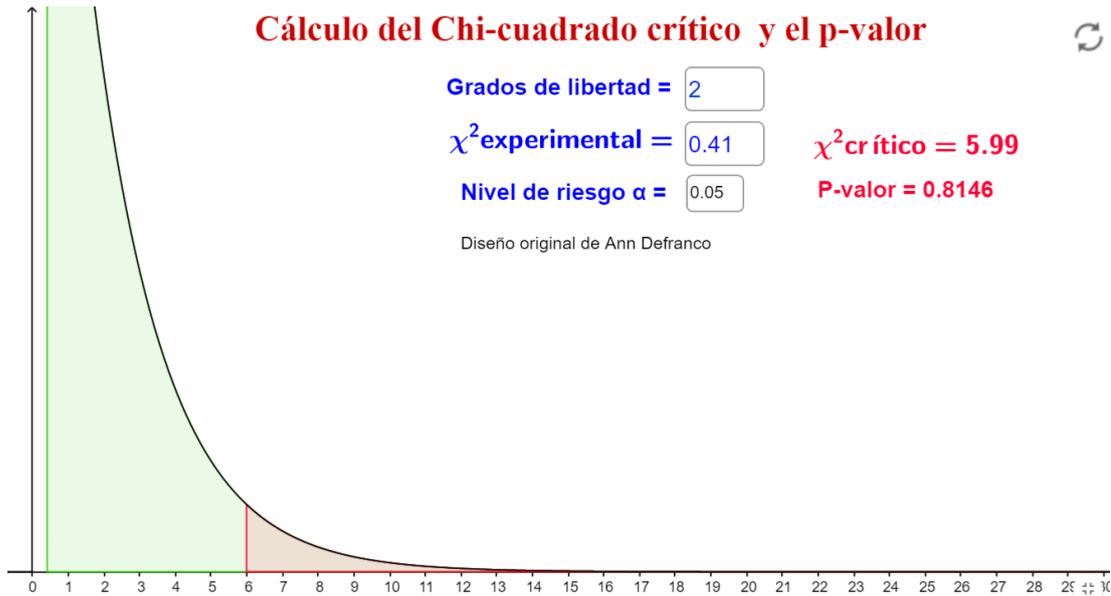
Nota: El valor del χ^2 experimental, se situó en la zona de aceptación que está determinada por el χ^2 crítico.

El valor de Chi cuadrado calculado que es 3.51, cae dentro de la zona de aceptación, por lo tanto, se acepta hipótesis nula, que sostiene que la variación de concentración de zeolita y carbón activado en cada parcela son factores que aumentan la eficacia de la remoción de contaminantes en suelos.

Con la ayuda de los datos obtenidos mediante los cálculos y de la tabla de distribución del Chi cuadrado, se ha logrado realizar la gráfica con la curva de dispersión de Chi cuadrado para fósforo Figura 5 en el que se representa la zona de rechazo y la zona de aceptación en función de los grados de libertad y el margen de error que se ha tomado de un 5%.

Figura 5

Curva de dispersión de Ji cuadrado para fósforo.



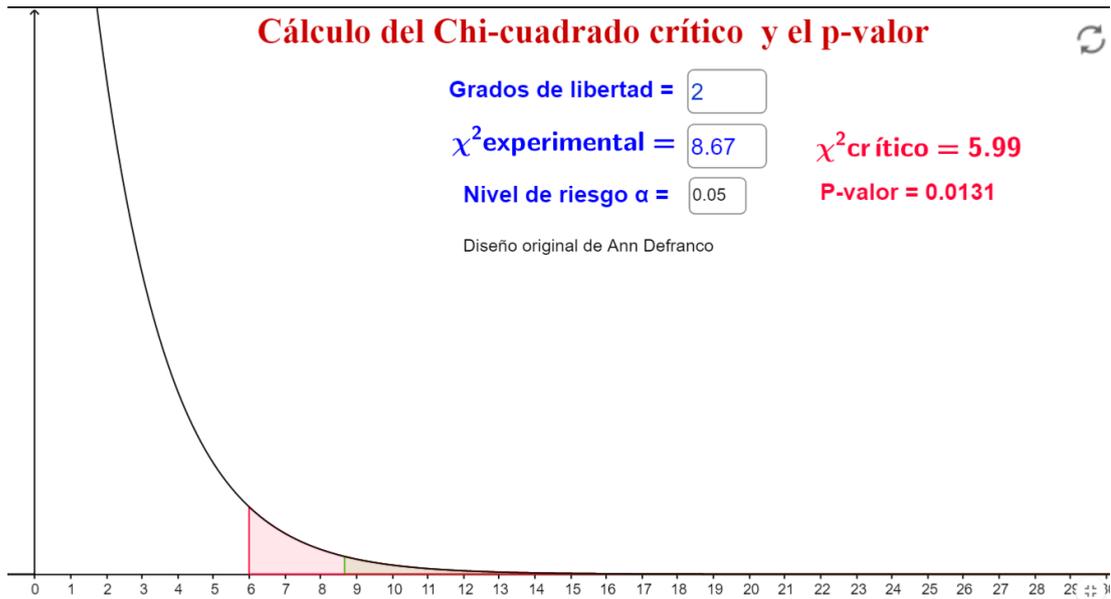
Nota: El valor del χ^2 experimental, se situó en la zona de aceptación que está determinada por el χ^2 crítico.

El valor de Chi cuadrado calculado que es 0.41, cae dentro de la zona de aceptación, por lo tanto, se acepta hipótesis nula, que sostiene que la variación de concentración de zeolita y carbón activado en cada parcela son factores que aumentan la eficacia de la remoción de contaminantes en suelos.

Con la ayuda de los datos obtenidos mediante los cálculos y de la tabla de distribución del Chi cuadrado, se ha logrado realizar la gráfica con la curva de dispersión de Chi cuadrado para potasio Figura 6 en el que se representa la zona de rechazo y la zona de aceptación en función de los grados de libertad y el margen de error que se ha tomado de un 5%.

Figura 6

Curva de dispersión de Chi cuadrado para Potasio.



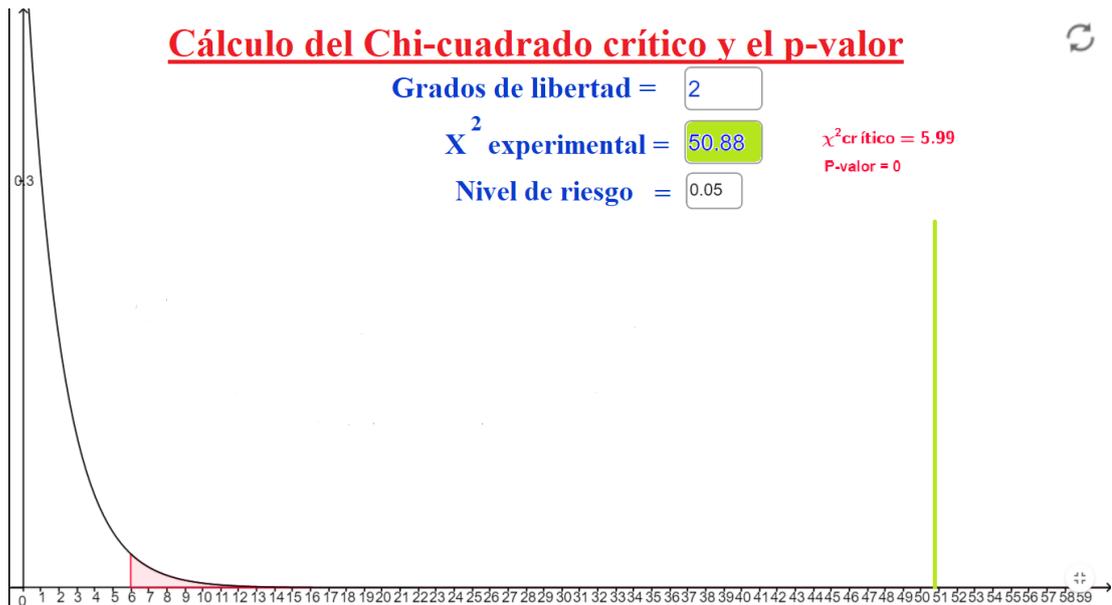
Nota: El valor del χ^2 experimental, se situó en la zona de rechazo que está determinada por el χ^2 crítico.

El valor de Chi cuadrado calculado que es 8.67, cae dentro de la zona de rechazo, por lo tanto, rechaza hipótesis nula, que sostiene que la variación de concentración de zeolita y carbón activado en cada parcela son factores que aumentan la eficacia de la remoción de contaminantes en suelos.

Con la ayuda de los datos obtenidos mediante los cálculos y de la tabla de distribución del Chi cuadrado, se ha logrado realizar la gráfica con la curva de dispersión de Chi cuadrado para Calcio Figura 7 en el que se representa la zona de rechazo y la zona de aceptación en función de los grados de libertad y el margen de error que se ha tomado de un 5%.

Figura 7

Curva de dispersión de Chi cuadrado para Calcio.



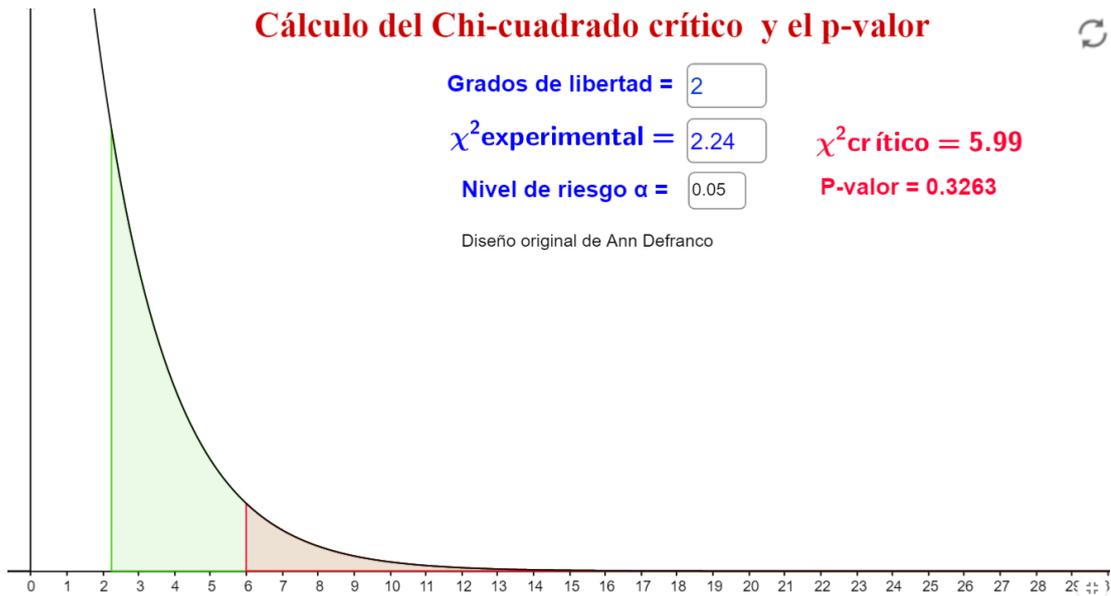
Nota: El valor del χ^2 experimental, se situó en la zona de rechazo que está determinada por el χ^2 crítico.

El valor de Chi cuadrado calculado que es 50.88, cae dentro de la zona de rechazo, por lo tanto, rechaza hipótesis nula, que sostiene que la variación de concentración de zeolita y carbón activado en cada parcela son factores que aumentan la eficacia de la remoción de contaminantes en suelos.

Con la ayuda de los datos obtenidos mediante los cálculos y de la tabla de distribución del Chi cuadrado, se ha logrado realizar la gráfica con la curva de dispersión de Chi cuadrado para Magnesio Figura 8 en el que se representa la zona de rechazo y la zona de aceptación en función de los grados de libertad y el margen de error que se ha tomado de un 5%.

Figura 8

Curva de dispersión de Chi cuadrado para Magnesio.



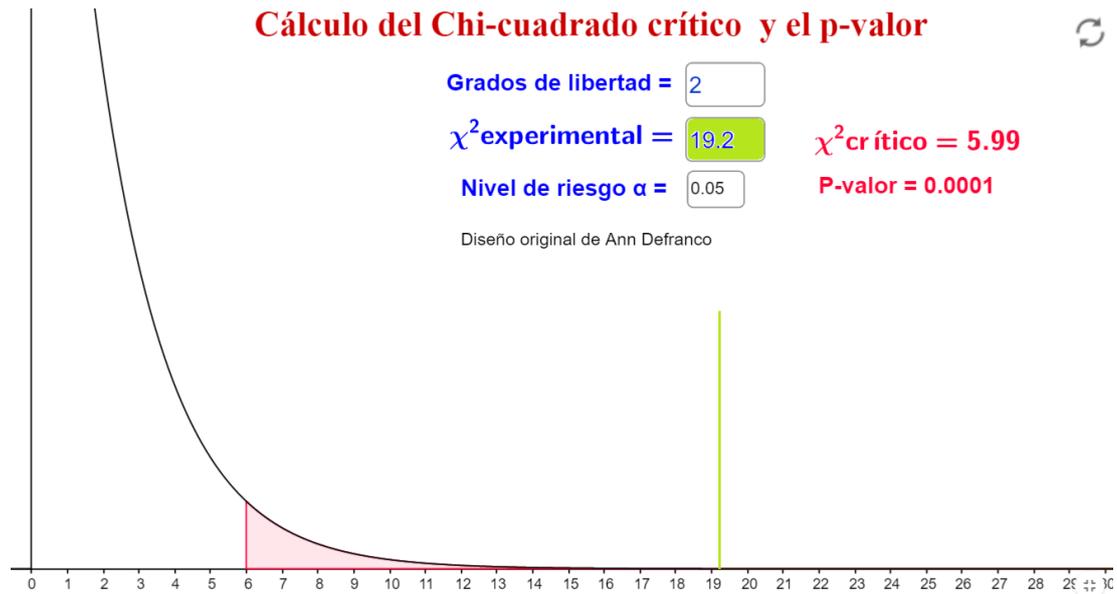
Nota: El valor del χ^2 experimental, se situó en la zona de aceptación que está determinada por el χ^2 crítico.

El valor de Chi cuadrado calculado que es 2.24, cae dentro de la zona de aceptación, por lo tanto, se acepta hipótesis nula, que sostiene que la variación de concentración de zeolita y carbón activado en cada parcela son factores que aumentan la eficacia de la remoción de contaminantes en suelos.

Con la ayuda de los datos obtenidos mediante los cálculos y de la tabla de distribución del Chi cuadrado, se ha logrado realizar la gráfica con la curva de dispersión de Chi cuadrado para Sodio Figura 9 en el que se representa la zona de rechazo y la zona de aceptación en función de los grados de libertad y el margen de error que se ha tomado de un 5%.

Figura 9

Curva de dispersión de Chi cuadrado para Sodio.



Nota: El valor del χ^2 experimental, se situó en la zona de rechazo que está determinada por el χ^2 crítico.

El valor de Chi cuadrado calculado que es 19.20, cae dentro de la zona de rechazo, por lo tanto, rechaza hipótesis nula, que sostiene que la variación de concentración de zeolita y carbón activado en cada parcela son factores que aumentan la eficacia de la remoción de contaminantes en suelos.

Partiendo de la hipótesis que la variación de concentración de zeolita y carbón activado en cada parcela son factores que aumentan la eficacia de la remoción de contaminantes en suelos, se ha realizado un análisis estadístico mediante Chi cuadrado, el cual revela que las variaciones existentes si afectan a la remoción de los mismos aceptando así la hipótesis planteada; ello se puede corroborar con los Anexos 5,6,7 y 8 en el cual se encuentran todos los valores resultantes de los muestreos realizados durante las 6 semanas entre los meses de diciembre del 2022 a marzo del 2023.

12.2.2. Análisis cuantitativo aplicando gráficos estadísticos

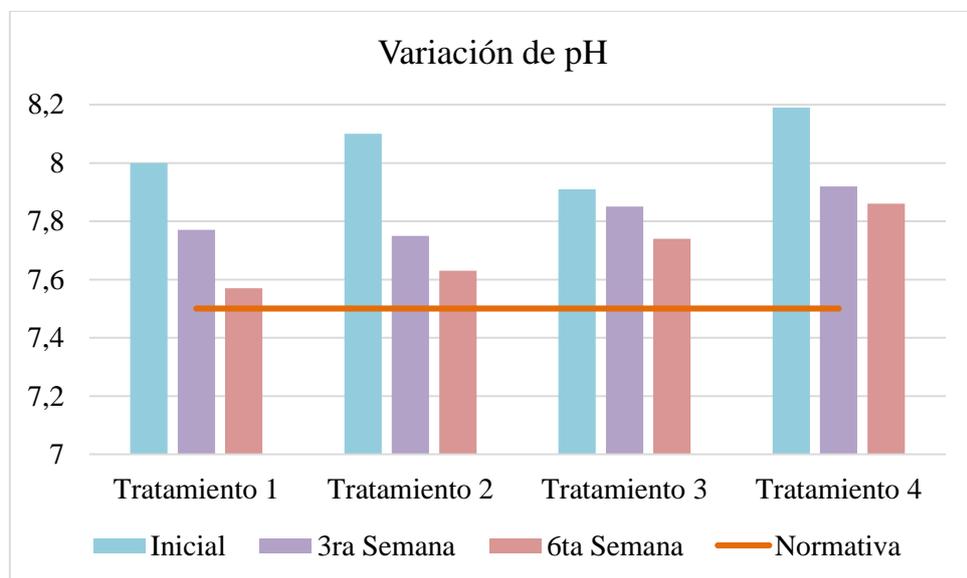
En las figuras presentadas a continuación, se esquematizan los elementos monitoreados en el estudio, en base a los datos recolectados, se presentan los resultados mediante la elaboración de gráficos de barras que indican la comparación de los niveles de pH, Nitrógeno, Potasio, Fósforo, Calcio, Magnesio y Sodio entre 4 diferentes semanas en el transcurso de 6 semanas.

Los gráficos se colorean de azul celeste indicando la semana 1 del monitoreo con los datos iniciales del suelo; mientras que el color lila indica los resultados de la semana 3 de monitoreo, por último, el color rosado representa los datos obtenidos en la última semana de monitoreo, es decir, la semana 6.

De tal manera, que en la Figura 10, se comparan los niveles de pH establecidos en la normativa, con los obtenidos en base a los muestreos tomados en las 4 parcelas con los diferentes tratamientos durante las semanas de monitoreo.

Figura 10

Variación de pH.



Nota: Se identifica una escala de colores con las, siendo el color azul celeste la semana inicial, el color lila la semana 3 y el color rosado la semana 6.

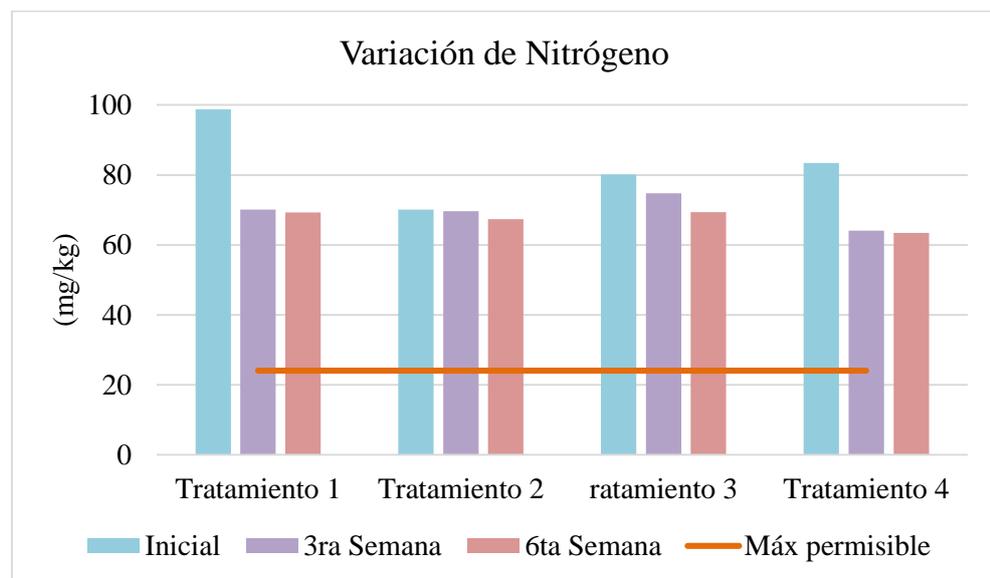
En la figura 10, se puede evidenciar que la parcela con mayor contenido inicial de pH 8es la parcela N°4 dando un valor de 8.19, mientras que al finalizar el proyecto a las 6 semanas

logra alcanzar un valor de 7.86 aproximadamente estableciéndose en rangos dentro de los aceptables según la normativa ecuatoriana. Sin embargo, el Tratamiento 2 es más eficiente, pues minimiza el valor por 0.47. No hay diferencias altamente significativas entre las parcelas evaluadas, observándose una tendencia del pH a disminuir. El Tratamiento que presentó una disminución mayor del pH con la aplicación del sustrato es atribuida a la presencia de carbón activado. Los resultados coinciden con Apaza et. al (2022), quienes al tratar el suelo con carbón activado encontraron una mejora en el pH de los suelos tratados. El pH del suelo afecta la disponibilidad de los nutrientes de las plantas, por lo que este factor puede ser el causante de la deficiencia, toxicidad o deficiencia del elemento. (Benton, 2003). La alcalinidad del suelo aumenta el crecimiento de las plantas debido a la mayor disponibilidad de algunos nutrientes como Ca (calcio), Mg (magnesio), K (potasio) y P (fósforo), que reducen la solubilidad de elementos tóxicos en el suelo, favoreciendo a las plantas, estos elementos pueden ser Al (aluminio) y Mn (manganeso) (Rivera et al., 2018).

En la figura 11, se comparan los niveles de Nitrógeno establecidos en los valores de referencia, con los obtenidos en base a los muestreos tomados en las 4 parcelas con los diferentes tratamientos durante las semanas de monitoreo.

Figura 11

Variación de nitrógeno



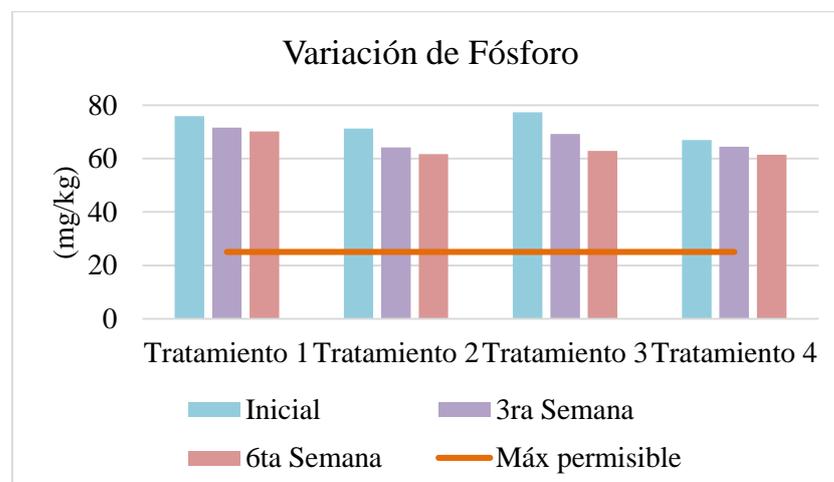
Nota: Se identifica una escala de colores con las, siendo el color azul celeste la semana inicial, el color lila la semana 3 y el color rosado la semana 6.

La figura 11 representa gráficamente la variación de nitrógeno existente en cada parcela a lo largo del tiempo transcurrido en la experimentación, destacan entre ellos el valor inicial de la parcela 1 siendo 98.74 mg/kg y al finalizar siendo 69,28 mg/kg lo que representa un porcentaje de mejora de 29.84%. En lo que se refiere a nitrógeno se destaca el resultado del Tratamiento 1 dado que existe una reducción de 29.46 mg/kg lo cual representa una mejora de 29.84% en el interior de la parcela experimental. Estos resultados son concordantes con el estudio realizado por Gualteros et. al (2021) los cuales arrojaron un porcentaje de adsorción entre 29% y 32%. La importancia fisiológica del nitrógeno para las plantas se ilustra por sus efectos sobre el crecimiento de las hojas, la senescencia, la arquitectura del sistema radicular y la floración, entre otros. Además del efecto sobre los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas, la nutrición de las plantas es un factor importante en la resistencia o susceptibilidad de diferentes cultivos a ciertos patógenos (Vega, 2015). En este estudio se encontró un exceso de nitrógeno, lo que puede causar algunos problemas a las plantas, como una apariencia grasa y un tono verde oscuro, lo que hace que la planta sea más vulnerable a enfermedades e insectos. Otro problema es que los tallos se vuelven inflexibles y tienden a ser mucho más frágiles. Las hojas se debilitan y el sistema de transporte de agua sufre.

En la figura 12, se comparan los niveles de Fósforo establecidos en los valores de referencia, con los obtenidos en base a los muestreos tomados en las 4 parcelas con los diferentes tratamientos durante las semanas de monitoreo.

Figura 12

Variación de Fósforo

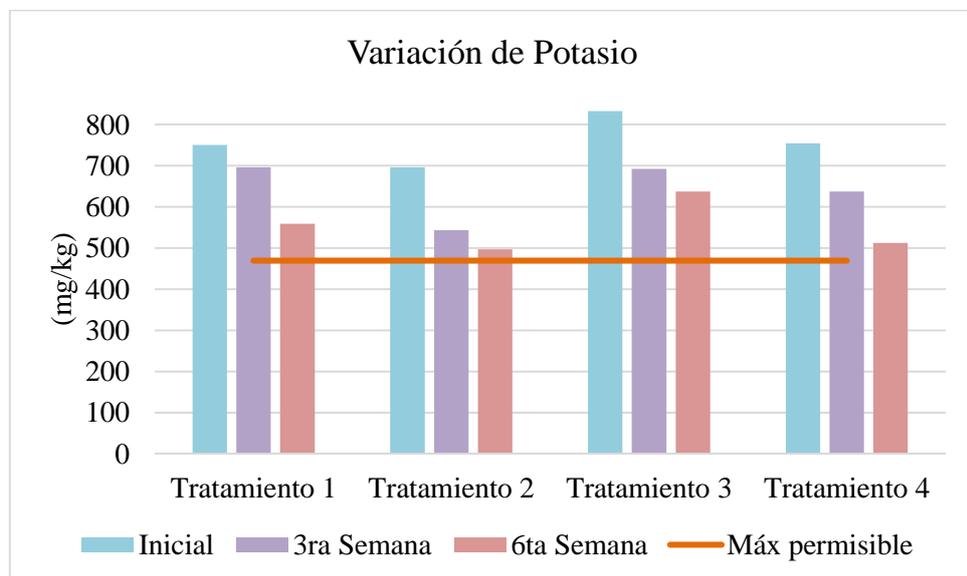


Nota: Se identifica una escala de colores con las, siendo el color azul celeste la semana inicial, el color lila la semana 3 y el color rosado la semana 6.

En la figura 12 se representa cada una de las parcelas junto con su contenido de fósforo inicial, a las 3 semanas, y final, siendo destacable el Tratamiento 3 con un contenido inicial de 77.31 mg/kg reduciéndose hasta los 62.85 mg/kg representando un porcentaje de adsorción de 18.70%. En la evaluación de fósforo no existe una diferencia altamente significativa pues todas las parcelas tienen una tendencia a disminuir, sin embargo, la que destaca entre ellas es la parcela 3 con una mejora de 14.46 mg/kg lo que representa 18.70%. Esto se puede corroborar en el estudio realizado por Torri et. al (2021) en el cuál menciona que la adición de zeolitas a las muestras de suelo no provocó diferencias significativas en la disponibilidad de P, ya que la mejora fue del 19,20%. En este estudio se encuentra un exceso de nutrición por fósforo lo cual puede ser un problema, de acuerdo con Quintana et al. (2017) cuando hay demasiado fósforo, el nivel de clorofila en las plantas suele reducirse significativamente y, según Salazar-García (2002), el exceso de fósforo puede conducir a una deficiencia de manganeso (Mn) y/o zinc (Zn). En la figura 13, se comparan los niveles de Potasio establecidos en los valores de referencia, con los obtenidos en base a los muestreos tomados en las 4 parcelas con los diferentes tratamientos durante las semanas de monitoreo.

Figura 13

Variación de potasio



Nota: Se identifica una escala de colores con las, siendo el color azul celeste la semana inicial, el color lila la semana 3 y el color rosado la semana 6.

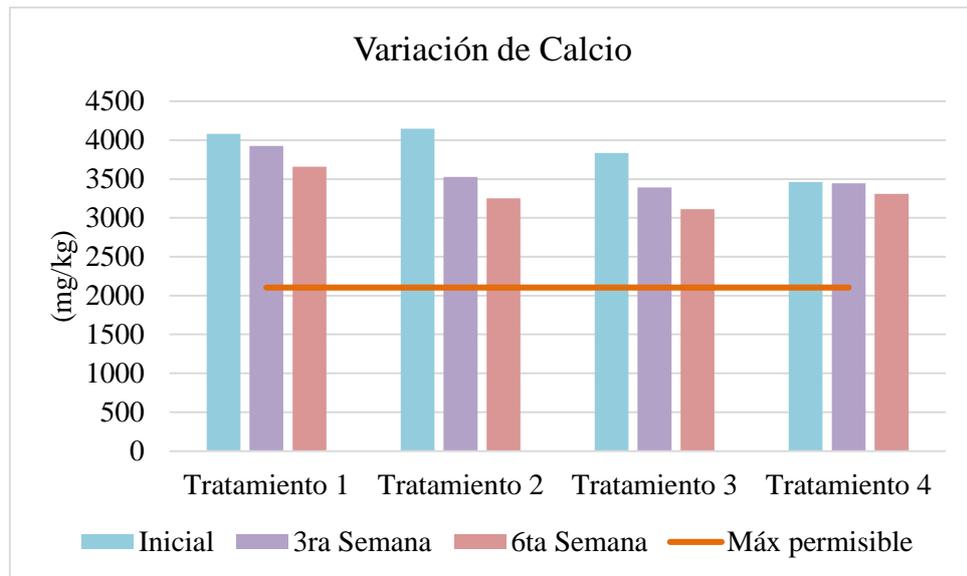
En la figura 13 se expresan los valores de potasio en mg/kg, resaltando el Tratamiento 3 con un valor inicial de 832.8 mg/kg, una vez concluido el proyecto experimental el valor

resultante es de 637.3 mg/kg evidenciando un porcentaje de adsorción de 23.48%. Para el análisis de potasio se resaltan los resultados del Tratamiento 2 puesto que evidencian una mejora del 28.65% lo cual representan 199.40 mg/kg en relación al estado inicial de la parcela. Hay una concordancia directa en los estudios previamente realizados por Vilema (2017), donde al aplicar zeolita y carbón activado a los suelos se evidencia una reducción en la concentración de potasio, siendo esta bastante pequeña. Estudios como el de Sims y Pierzynski (2005) reportan concentraciones de K que varían entre 50 y 3000 mg/kg, dependiendo del tipo de suelo. Los niveles de potasio de las muestras en ese trabajo son bajos en comparación con los expuestos antes. En terrenos agrícolas varía de 10-20 g/kg, donde el estudio de Zorb, Senbayram y Peiter, (2014) encontró valores bajos entre 2,8-4,1 mg/kg. En las plantas, el potasio cumple varias funciones, favorece la calidad interna del producto a través de un mayor contenido de vitaminas y proteínas, favorece la formación de hidratos de carbono como el azúcar y el almidón. Con los estudios realizados se puede confirmar que existe un exceso de potasio en el suelo, lo cual se correlaciona con Farhat et al. (2013), donde se sugirió que tanto el exceso de potasio como la deficiencia de Mg pueden provocar cambios en la evapotranspiración de las plantas.

En la figura 14, se comparan los niveles de Calcio establecidos en los valores de referencia, con los obtenidos en base a los muestreos tomados en las 4 parcelas con los diferentes tratamientos durante las semanas de monitoreo.

Figura 14

Variación de calcio



Nota: Se identifica una escala de colores con las, siendo el color azul celeste la semana inicial, el color lila la semana 3 y el color rosado la semana 6.

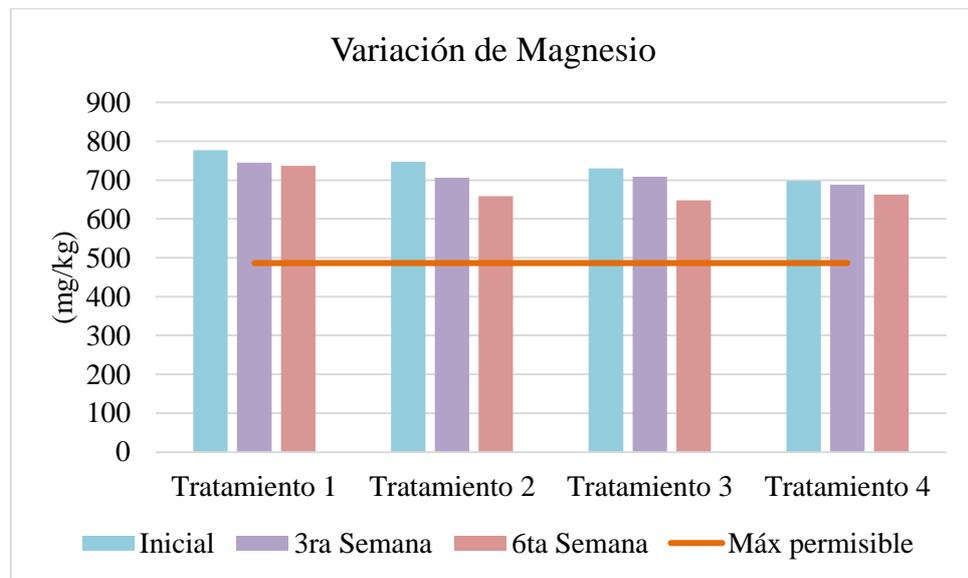
La figura 14 representa la variación de calcio siendo el más alto registrado el valor inicial del Tratamiento 2, valorado en 4146.1 mg/kg logrando ser reducido en un 21.56% para alcanzar un valor de 3352.3 mg/kg. En lo que a Calcio se refiere existe una tendencia a disminuir en todas las parcelas, sin embargo, la que más destaca en esta ocasión es el Tratamiento 2 con una disminución de 893.8 mg/kg lo cual representa una mejora del 21.56% con respecto al valor inicial. El Calcio fue adsorbido de forma eficiente debido a la presencia de carbón activado en cada uno de los sustratos, como se puede corroborar con los estudios previos realizado por Carrasquero et. al (2016) donde explica que cuando se utilizó carbón activado proveniente de las cáscaras de naranja se obtuvieron porcentajes de remoción de calcio que oscilaron entre 54,8 y 84,0%. Podemos ver que el carbón activado fue más efectivo cuando la concentración inicial de calcio fue mayor, es decir el porcentaje de eliminación disminuyó a medida que disminuyó la concentración inicial de calcio. La eficiencia de remoción del carbón activado es similar a la reportada por otros autores, como Sepehr et. a y Altundogan et. todas las tasas de eliminación de calcio informadas oscilan entre el 79 % y el 62 %. El exceso de calcio es

perjudicial para las plantas, porque frena el crecimiento y las oscurece, se manifiesta como clorosis intervascular, porque impide la absorción de hierro (Fe) y manganeso (Mn).

En la figura 15, se comparan los niveles de Magnesio establecidos en los valores de referencia, con los obtenidos en base a los muestreos tomados en las 4 parcelas con los diferentes tratamientos durante las semanas de monitoreo.

Figura 15

Variación de magnesio



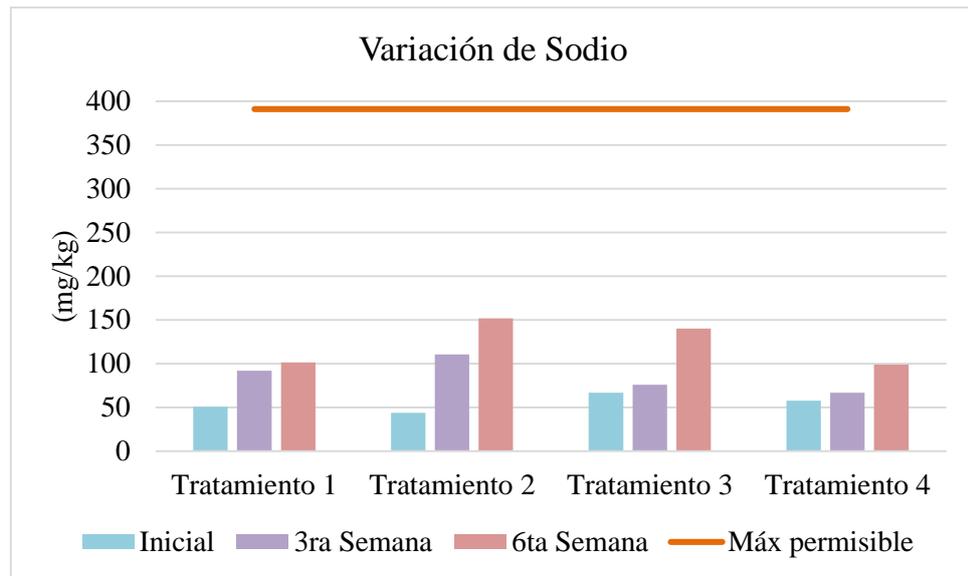
Nota: Se identifica una escala de colores con las, siendo el color azul celeste la semana inicial, el color lila la semana 3 y el color rosado la semana 6.

En la Figura 15 se observa la representación gráfica de la variación de Magnesio en cada una de las parcelas experimentales en mg/kg se destaca importantemente el Tratamiento 2 con un descenso del 11.87% del valor inicial, quedando así en 658.7 mg/kg. Para el análisis de Magnesio se resaltan los resultados de la parcela experimental 2, dado que evidencian una mejora del 11.87% lo que representa 88.7 mg/kg en relación al estado inicial de la parcela, sin embargo, es evidente que no cumplen con los valores máximos permisibles. Si hay demasiado magnesio en el suelo, las plantas sufren torsión y muerte de las hojas y retraso en el desarrollo, y el calcio ya no se absorbe.

En la figura 16, se comparan los niveles de Sodio establecidos en los valores de referencia, con los obtenidos en base a los muestreos tomados en las 4 parcelas con los diferentes tratamientos durante las semanas de monitoreo.

Figura 16

Variación de Sodio



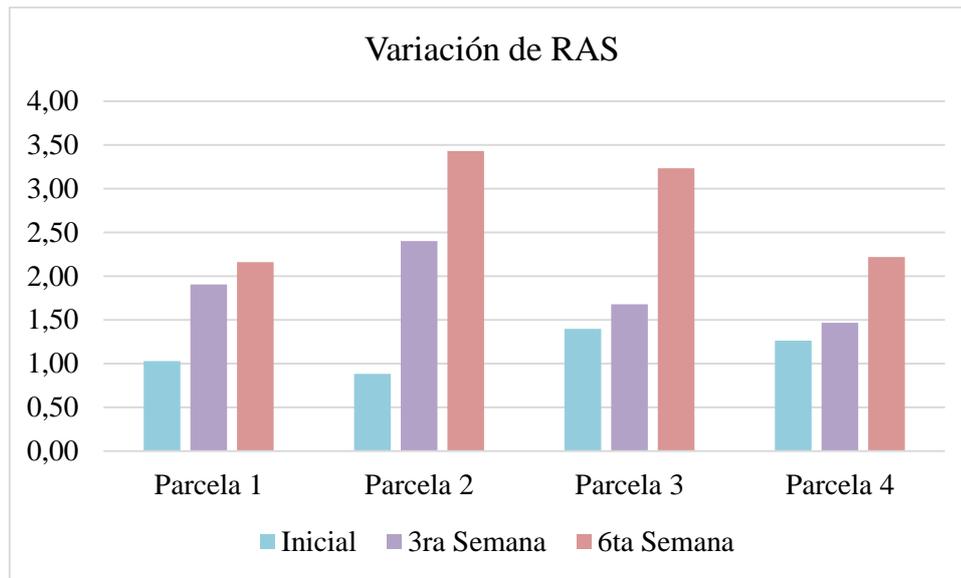
Nota: Se identifica una escala de colores con las, siendo el color azul celeste la semana inicial, el color lila la semana 3 y el color rosado la semana 6.

En el gráfico 16 se visualiza la variación de Sodio producida en las 6 semanas de experimentación en cada una de las parcelas. Se destaca el Tratamiento 2 con un valor final de 151.7 mg/kg, incrementando desde el inicio un valor de 108 mg/kg. En lo que a Sodio se refiere existe una tendencia al aumento en cada una de las parcelas experimentales siendo el más evidente el del tratamiento 2 con un incremento de 108 mg/kg, lo que hace que este parámetro esté dentro de los valores referenciales, según Zapata (2004) el suelo se vuelve alcalino a medida que el agua asciende desde la zona de meteorización, por lo que el ascenso por capilaridad y la evaporación dominan el movimiento de iones hacia arriba con el agua, lo que genera altas concentraciones de iones como el Na. Los niveles de sodio (Na) aumentaron en comparación con la línea de base, pero no se puede confirmar que este efecto se deba al efecto de la zeolita. Se necesitan ensayos de campo que tengan en cuenta variables como la calidad del agua de riego para garantizar la certeza en las decisiones. En cualquier caso, los niveles de Na detectados son bajos y corresponden al valor máximo permitido, por lo que no suponen una amenaza para la estructura del suelo.

En la figura 17, se comparan los niveles de relación de absorción de sodio (RAS) establecidos en los valores de referencia, con los obtenidos en base a los muestreos tomados en las 4 parcelas con los diferentes tratamientos durante las semanas de monitoreo.

Figura 17

Variación del RAS



Nota: Se identifica una escala de colores con las, siendo el color azul celeste la semana inicial, el color lila la semana 3 y el color rosado la semana 6.

En la figura 24 se representa la variación de RAS en el transcurso de las 6 semanas experimentales, siendo destacables el incremento con los Tratamientos 2 y 3 en la tercera semana de experimentación obteniendo valores de 3.43 y 3.23 respectivamente. Estos resultados implican que existe un ligero problema dado que superan los 3 puntos estipulados. El RAS es incrementado debido al incremento de sodio en las parcelas.

La elaboración de gráficos estadísticos facilitó la interpretación de los datos obtenidos mediante la apreciación de las variaciones por elemento existente resultado de la aplicación de los diferentes sustratos en cada una de las parcelas. Resaltando como importante la variación de Sodio el cuál a diferencia de los demás elementos incrementó sus valores, esto es considerado debido a la composición de la zeolita utilizada pues en su ficha técnica corroboramos que contiene sodio dentro de su estructura.

12.3. Definir el tratamiento más efectivo en función de los cálculos realizados

En la Tabla 6 se representan los porcentajes de eficacia de los sustratos de cada parcela en relación a cada uno de los elementos analizados, para ello se ha utilizado la ecuación propuesta por Schmidt (1992) descrita a continuación:

Tabla 7

Porcentaje de eficiencia de cada sustrato en relación a los elementos analizados

Tabla de eficiencia							
	pH	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Total
Tratamiento 1	5.38	29.84	7.53	25.52	10.36	5.16	13,96
Tratamiento 2	5.80	3.88	13.44	28.65	21.56	11.87	14,65
Tratamiento 3	2.15	13.43	18.70	23.48	18.82	11.32	14,20
Tratamiento 4	4.03	23.96	8.27	32.12	4.34	5.06	12,96

Nota. Los valores expresados corresponden a porcentajes en función de la concentración inicial y la concentración final.

Se puede verificar que el tratamiento número 2 compuesto de 15 kg de zeolita y 5 kg de carbón activado tiene mejores niveles de eficiencia en casi todos los elementos analizados a lo largo del proceso experimental, exceptuando el Nitrógeno y el Fósforo los cuáles tienen una mayor tasa de adsorción con el tratamiento utilizado número 3 compuesto de 5 kg de zeolita y 15 kg de carbón activado. A la hora de analizar el porcentaje de eficiencia a nivel general en cada tratamiento se evidencia que el mejor de ellos es el tratamiento número 2, con una eficiencia del 14,64% un tanto superior al tratamiento número 3 que corresponde a 14,20%. En los resultados obtenidos consideran que no existe eficiencia de los sustratos en la adsorción de sodio pues su eficiencia es negativa, y pese a aplicar estos sustratos el nivel de sodio incrementa en cada una de las parcelas experimentales.

13. IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES, ECONÓMICOS)

13.1. Impacto social

El estudio realizado en el barrio Anchiliví del cantón Salcedo, ha permitido evidenciar una medida de mejora para los suelos de uso agrícola, la cual reduciría considerablemente el impacto para las personas que se dedican a la agricultura al minimizar el apareamiento de enfermedades o problemas por el exceso de presencia de estos elementos en el suelo.

Beneficiando directamente a los habitantes que se ubican en la zona, y de manera indirecta a todas las personas que tienen terrenos destinados a estas actividades.

13.2. Impacto ambiental

Mediante la implementación de sustratos a base de zeolita y carbón activado se evidenció que aporta favorablemente a mejorar la calidad ambiental de los suelos, debido a que es posible regular los niveles adecuados de macro nutrientes, lo que favorece el desarrollo correcto de futuros cultivos mejorando así la producción y calidad de los productos.

14. CONCLUSIONES

El análisis biofísico de la zona da como resultado la elaboración de 4 mapas entre ellos constan el de precipitación, temperatura, uso de suelo y elevación. La zona de estudio se encuentra en una zona interandina de temperaturas entre los 8°C y los 10°C, en donde se presentan épocas secas y épocas lluviosas las cuales dan un promedio de precipitación anual entre los 500 mm y 750 mm; además el uso de suelo dentro de la parroquia San Miguel está destinado mayormente a cultivos e infraestructuras, por otro lado, el perfil de elevaciones indica que existen tanto valles como elevaciones importantes dentro de la parroquia, todo esto constituye a que dentro del cantón exista un clima subtropical.

Se concluye que el sustrato con mayor eficiencia es el sustrato número 2 compuesto por 15 kg de zeolita y 15 kg de carbón activado, el cuál presenta un 14,65% de eficiencia en toda la parcela experimental. Cabe destacar que se centra la mejora en lo que se refiere a pH, Calcio, Potasio y Magnesio. Por otro lado, el tratamiento número 3 compuesto por 5 kg de zeolita y 15 kg de carbón activado es más efectivo en lo que a la adsorción de fósforo se refiere y el tratamiento número 1 compuesto por 10 kg de zeolita y 10 kg de carbón activado es el que presenta mejores resultados en la adsorción de nitrógeno.

Una vez obtenidos los resultados de los análisis de laboratorio ejecutados se evidencia que existe una mejora en los suelos de las parcelas experimentales después de aplicar los diferentes tratamientos, sin embargo, estos todavía no llegan a cumplir con los límites máximos establecidos en la Tabla 5. Los valores que cumplieron con ello son los de sodio durante todo el proceso de experimentación y, por otra parte, en la semana 6 el valor de pH y potasio estuvieron muy cerca de cumplir con los límites máximos permitidos.

15. RECOMENDACIONES

Implementar una mejor facilidad de acceso a los datos de conocimiento público pues las páginas web existentes en la actualidad tales como la del Sistema Nacional de Información no están en funcionamiento lo cual dificulta la obtención de información, además sería conveniente que existiera menos burocracia en el acceso de información, dado que para obtenerla en municipalidades es necesario esperar alrededor de 1 mes a la aceptación o rechazo de la solicitud enviada.

Es importante seguir con las pruebas de adsorción en lo que se refiere a metales pesados además de parámetros orgánicos y pesticidas organoclorados los cuales están presentes en los agroquímicos utilizados en los suelos de la región. Además, continuar con la experimentación con diversas tasas de concentración para encontrar el sustrato ideal y más eficiente para cada uno de ellos.

Al Gobierno Nacional de la Republica del Ecuador desarrollar una normativa para establecer los rangos aceptables de macronutrientes primarios y secundarios en suelos, parámetros analizados en este proyecto puesto que no existe una para nuestro país, además de desarrollar una guía de utilización de agroquímicos para no exceder el uso de los mismos, puesto que puede causar problemas.

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE / Ecuador - Guía Oficial de Trámites y Servicios. (n.d.). <https://www.gob.ec/regulaciones/acuerdo-ministerial-097-anexos-normativa-reforma-libro-vi-texto-unificado-legislacion-secundaria-ministerio-ambiente>

Álvarez R., Soto M. Y Gómez H., 1986. *Tamaño de parcela y número de repeticiones para estimar una población de Spodoptera frugiperda (Smith) y su daño en maíz.* Revista Facultad Nacional de Agronomía, Colombia; 39(2), 5-16-

Amaya, A. (2011). *Obtención y caracterización de tamices moleculares de carbón.*

Universidad de la República.

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/2687/1/fq30315.pdf>

Andrades Rodríguez, M. S., & Martínez Villar, E. (1993). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen* (3rd ed.). Universidad de La Rioja. <https://investigacion.unirioja.es/documentos/5c13b229c8914b6ed377892a>

Apaza Roque, D. E., & Díaz Valenzuela, E. (2022, abril 23). *Estudio del bicarbono como agente estimulante para la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo: revisión sistemática.* Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88815>

Brusseau, M. L., Pepper, I. L., & Gerba, C. (Eds.). (2019). *Environmental and Pollution Science* (3rd ed.). Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814719-1.00002-1>.

Burgasí Oña, D. A., & Cayo Pallasco, T. M. (2016). *“DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL ECOSISTEMA DE LA LAGUNA DE YAMBO, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA COTOPAXI, PERIODO 2015”.* Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3250>

Carriazo, J. C., Saavedra, M. J., & Molina, M. F. (2010, mayo 3). *Propiedades adsorptivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales*

de bajo costo. *Educación Química*, 21(3), 224-229. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30087-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30087-9)

Casanova Olivo, E. F. (1996). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. https://books.google.com.ec/books?id=k4FXuHW1ozQC&lpg=PA9&ots=7HxkR3K_qt&dq=horizontes%20del%20suelo%20capas&lr&hl=es&pg=PA8#v=onepage&q&f=true

Chica Toro, F. d. J., Londoño Benítez, L. M., & Álvarez Herrera, M. I. (2006). La zeolita en la mitigación ambiental. *Lasallista de investigación*, 3(1), 30-34.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69530106>

COA. (2017). *Codigo Organico Ambiente*. https://Www.Ambiente.Gob.Ec/WpContent/Uploads/Downloads/2018/01/Codigo_Organico_Ambiente.Pdf

Constitución De La Republica Del Ecuador. (2008). *Constitucion De La Republica Del Ecuador 2008*. https://Www.Oas.Org/Juridico/Pdfs/Mesicic4_Ecu_Const.Pdf

Contreras Contento, E. F., & Torres Ardila, D. A. (2021). *Guía metodológica para la recuperación de suelos afectados por erosión hídrica mediante el uso de terrazas*. Ciencia La Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2908&context=ing_ambiental_sanitaria

Driver, J., Lijmbach, D., & Steen, I. (2010, Mayo 10). Why Recover Phosphorus for Recycling, and How? *Environmental Technology*, 20(7), 651-662. <https://doi.org/10.1080/09593332008616861>

Fabelo, J. A. (2017). PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS. *Centro Azúcar*, 44, 53–60. <https://es.studenta.com/content/116561984/caz-06117>

- Farhat, N., M. Rabhi, H. Falleh, K. Lengliz, A. Smaoui, C. Abdelly y M. Lachaal. 2013. Interactive effects of excessive potassium and Mg deficiency on safflower. *Acta Physiol. Plant* 35, 2727-2745. Doi: 10.1007/ s11738-013-1306-x
- Fernández Ávila, K. G. (2020). *Propuesta de obtención de pellets de carbón-arcilla zeolita para la remediación de suelos afectados por actividades mineras*. Dspace de la Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10392>
- Fertilab. (2015). *EL SODIO Y LA FERTILIDAD DEL SUELO*. Fertilab.
<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/EL%20SODIO%20Y%20LA%20FERTILIDAD%20DEL%20SUELO.pdf>
- GAD Salcedo. (2022, December 6). *El Cantón Salcedo*. GAD Salcedo.
<https://www.salcedo.gob.ec/informativo/el-canton-salcedo/>
- Gavilánez Luna, F. C., Suárez Arellano, C. F., Andrade Alvarado, P. J., Martillo García, J. J., & Morán Castro, C. E. (2017). *TAMAÑO DE LA PARCELA EN LOS EXPERIMENTOS AGRICOLAS. EL MISIONERO DEL AGRO*, 1(14), 25-40.
https://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/14/054-2017.pdf
- Gualteros Velásquez, D. G., & Piñeros Cáceres, S. D. (2021). *Estudio comparativo entre la capacidad de adsorción del carbón activado y la zeolita para la remoción de nitrógeno amoniacal en lixiviados de un relleno sanitario*. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1956
- Harrison, R. B., & Strahm, B. D. (2008). *Soil Formation*. Sven Erik Jorgensen.
<https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00297-4>
- Hernández de la Rosa, Y., Hernández Moreno, V. J., Batista Hernández, N. E., & Tejeda Castañeda, E. (2017). *¿Chi cuadrado o Ji cuadrado?* *Medicentro Electrónica*, 21(4), 294-295. <https://medicentro.sld.cu/index.php/medicentro/article/view/2500/2072>
- Lozano, Z., Hernández Hernández, R. M., Bravo, C., Rivero, C., Toro, M., & Delgado, M. (2012). *Disponibilidad de fósforo en un suelo de las sabanas bien drenadas venezolanas, bajo diferentes coberturas y tipos de fertilización*. *Interencia*, 47(11), 820-827. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33925550005>

- Monge, E., Val, J., Sanz, M., Blanco, A., & Montañés, L. (1995). El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. *INSTITUCIÓN "FERNANDO EL CATÓLICO"*, 21(3), 189-201. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/4021/1/analesv.21n.3-1995-Especial50.pdf#page=80>
- Moreno Ramón, H., & Ibáñez Asensio, S. (2020, 06 11). *Horizontes del suelo: Nomenclatura y designación de los horizontes genéticos*. Universitat Politècnica de Vlencia. <http://hdl.handle.net/10251/146032>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017, junio 4). *Propiedades Físicas del Suelo*. Propiedades Físicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Paredes García, F. d. M., & Romero Panduro, D. M. (2021). *Remediación de Suelo Agrícola Dedicado al Cultivo de Arroz con Concentraciones de Cadmio, Mediante la Aplicación de Microorganismos Eficaces y Carbón Activad*. Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61772>
- Peñuela, E., & Garcia, L. (2022, Septiembre 12). *Tratamiento de suelos contaminados por elementos traza hierro, cromo y aluminio mediante la aplicación de zeolitas como agente*. Ciencia Unisalle. Retrieved October 30, 2022, from https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=3015&context=ing_ambiental_sanitaria
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autonomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2025*. Retrieved from http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560000110001_FINA L-PDYOT-COTOPAXI-2015_17-08-2015_18-17-17.pdf
- Quintana, W., E. Pinzón y D. Torres. 2017. Efecto de un fosfato térmico sobre el crecimiento y producción de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. ICA Cerinza. *Rev. UDCA Act. & Div. Cient.* 20(1), 51-59.

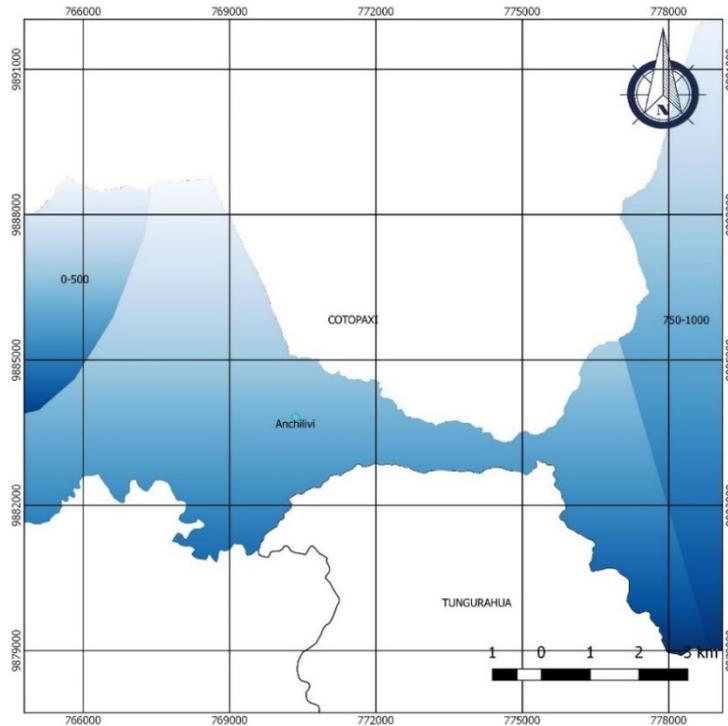
- Rodríguez Reinoso, F., & Molina Sabio, M. (2002). *El CARBÓN ACTIVADO EN PROCESOS DE DESCONTAMINACIÓN*. El Agua Potable. Retrieved November 7, 2022, from [http://elaguapotable.com/El%20carbon%20activo%20en%20procesos%20de%20desc ontaminacion.pdf](http://elaguapotable.com/El%20carbon%20activo%20en%20procesos%20de%20desc%20ontaminacion.pdf)
- Rivera, E., Sánchez, M., & Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *RIC*, 4, 101–105. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1829>.
- Ross, M. (2004). Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite. *PALMAS*, 25(2), 98-104. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1071/1071>
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Universidad de la República: Faculta de agronomía. <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades%20fisicas%20del%20suelo.pdf>
- Santaella Gutiérrez, G., & González, A. (1965, enero). Influencia del cabonato de calcio en las propiedades quimicos de un suelo de la terraza de Villa-Rica (Cauca). *Avta Agronómica*, 15(1-4), 33-59. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/48927
- Salazar-García, S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS), Querétaro, México.
- Schlesinger, W. H. 1991. Biogeochemistry. An analysis of global change. Academic Press. San Diego, CA, USA. 142-194 p. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0187-5779201100030034300069&lng=en
- Sims, J.T., Pierzynski, G.M. 2005. *Chemistry of phosphorous in soils*. In: Tabatabai, M.A., Sparks, D.L. (Eds.), Chemical Processes in Soils. n 8 in the Soil Science Society of America Books Series. *Soil Science Society of America*. 151-192.
- Tinoco Gómez, O. (2008). Una aplicación de la prueba chi cuadrado con SPSS. *Industrial Data*, 11(1), 73-77. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81611211011>

- Torres, D., & Capote, T. (2004). Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *ecosistemas*, 13(3), 2-6. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/201>
- Torri, S. I., Amaturio, J. I., Sánchez, L., & Pacheco, E. O. (n.d.). *EFECTO DE LAS ZEOLITAS SOBRE CIERTAS PROPIEDADES DE UN SUELO ENMENDADO CON BIOSÓLIDOS*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 37, 419-430. <https://doi.org/10.20937/RICA.53796>
- Vega, A. (2015). El efecto del nitrógeno en las enfermedades de las plantas. *Agronomía Y Forestal*, 1(52). <https://agronomia.uc.cl/extension/133-el-efecto-del-nitrogeno-en-las-enfermedades-de-las-plantas/file#:~:text=La%20relevancia%20fisiológica%20del%20nitrógeno,de%20floración%2C%20entre%20otros%20aspectos.>
- Vitousek, P. M. and P. A. Matson. 1985. Disturbance, nitrogen availability and nitrogen losses in an intensively managed loblolly pine plantation. *Ecology* 66: 1360-1376. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0187-5779201100030034300080&lng=en
- Weikard, H. P., & Seyhan, D. (2009, Abril 15). *Distribution of phosphorus resources between rich and poor countries: The effect of recycling*. *Ecological Economics*, 68(6), 1749-1755. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.11.006>
- Zapata, R. (2004). *Capítulo 2: Origen de la Acidez en el suelo. Química de la Acidez del suelo*. Biblioteca de la Universidad Nacional de Colombia. Medellín- Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1735/3/9583367125.3.pdf>
- Zérega, L., Hernández, T., & Valladares, J. (1977). EFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE NITRÓGENO Y DOSIS DE MAGNESIO SOBRE EL SUELO Y EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR. *Bioagro*, 9(2), 43-51. <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/bioag/v9n2/articulo02.pdf>
- Zorb, C., Senbayram, M., & Peiter, E. 2014. *Potassium in agricultura-status and perspectives*. *Journal of plantphysiology*. 171(9): 656-669.

17. ANEXOS

Anexo 1.

Mapa de precipitación en el área de estudio.



Mapa de Uso de Suelo

Carrera de Ingeniería Ambiental

Ubicación del Proyecto

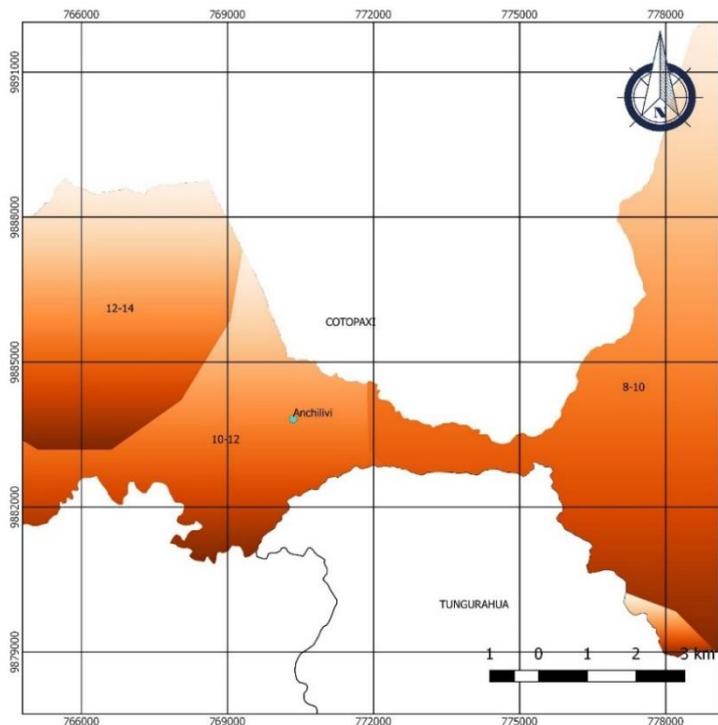
Barrio Anchilivi
Cantón Salcedo
Provincia de Cotopaxi

Leyenda

- Anchilivi
- Ecuador
- Isoyetas

Anexo 2.

Mapa de temperatura dentro de la zona de estudio.



Mapa de Uso de Suelo

Carrera de Ingeniería Ambiental

Ubicación del Proyecto

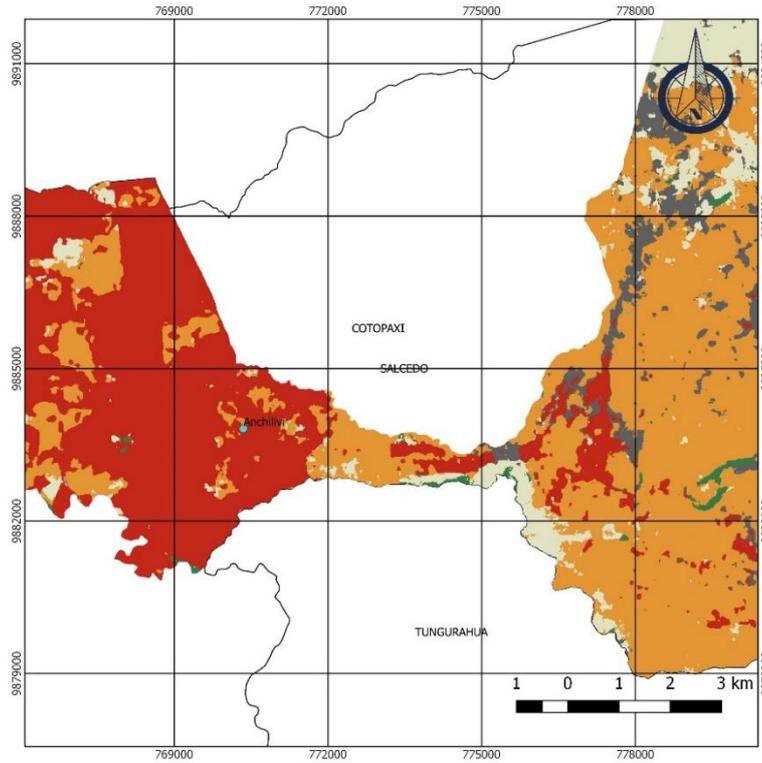
Barrio Anchilivi
Cantón Salcedo
Provincia de Cotopaxi

Leyenda

- Anchilivi
- Ecuador
- Isotermas

Anexo 3.

Mapa de uso de suelo dentro de la zona de estudio.



Mapa de Uso de Suelo

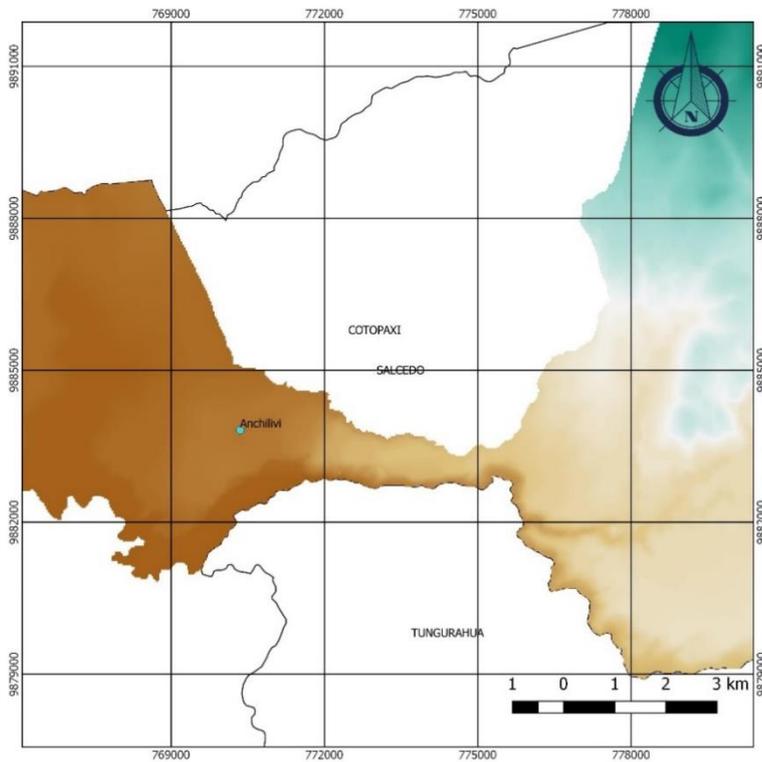
Carrera de Ingeniería Ambiental
Ubicación del Proyecto
Barrio Anchilivi
Cantón Salcedo
Provincia de Cotpaxi

Leyenda

- Anchilivi
- Ecuador
- Usos de suelo
- Agua
- Arboles
- Vegetación inundada
- Cultivos
- Área construida
- Suelo desnudo
- Nieve/Hielo
- Nubes
- Pastizales

Anexo 4.

Mapa de elevaciones dentro de la zona de estudio.



Mapa de Elevación

Carrera de Ingeniería Ambiental
Ubicación del Proyecto
Barrio Anchilivi
Cantón Salcedo
Provincia de Cotpaxi

Leyenda

- Anchilivi
- Elevacion-SanMiguel
- 2640.000000
- 2965.250000
- 3290.500000
- 3615.750000
- 3941.000000
- Salcedo
- rxprovincias

Anexo 5.*Resultados generales Tratamiento 1 por elemento*

Parcela 1							
	pH	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio
Inicial	8	98.74	75.95	750.7	4081.9	776.5	50.6
3ra Semana	7.77	70.09	71.67	696	3925.6	744.9	92
6ta Semana	7.57	69.28	70.23	559.1	3659.1	736.4	101.2

Nota. Los valores se encuentran expresados en mg/kg excepto el valor de pH

Anexo 6. *Resultados generales Tratamiento 2 por elemento*

Parcela 2							
	pH	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio
Inicial	8.1	70.12	71.29	696	4146.1	747.4	43.7
3ra Semana	7.75	69.61	64.16	543.5	3524.9	706.1	110.4
6ta Semana	7.63	67.40	61.71	496.6	3252.3	658.7	151.7

Nota. Los valores se encuentran expresados en mg/kg excepto el valor de pH

Anexo 7.*Resultados generales Tratamiento 3 por elemento*

Parcela 3							
	pH	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio
Inicial	7.91	80.12	77.31	832.8	3833.5	730.4	66.7
3ra Semana	7.85	74.72	69.26	692.1	3390.6	708.5	75.9
6ta Semana	7.74	69.36	62.85	637.3	3112.1	647.7	140.2

Nota. Los valores se encuentran expresados en mg/kg excepto el valor de pH

Anexo 8.*Resultados generales Tratamiento 4 por elemento*

Parcela 4							
	pH	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio
Inicial	8.19	83.43	67.01	754.6	3460.7	697.6	57.5
3ra Semana	7.92	64.07	64.45	637.3	3446.7	687.8	66.7
6ta Semana	7.86	63.44	61.47	512.2	3310.4	662.3	98.9

Nota. Los valores se encuentran expresados en mg/kg excepto el valor de pH

Anexo 9.

Ficha técnica de la zeolita utilizada.

1.- IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Clasificación del Mineral	No metálico
Nombre Comercial del producto	CATFERTIL
Nombre Científico	Clinoptilolita
Nombre Genérico	Zeolita Natural
Presentación	Polvo micronizado (Malla 100)
Registro Sanitario	028-F-AGR-EO
Envase	Sacos polipropileno laminado con marca
Peso	45 Kg
Color	Gris Verdosa
Fórmula Química	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , MgO, H ₂ O
EMPRESA	ZEONATEC S.A.
Tiempo de validez	El producto NO caduca por ser un MINERAL NATURAL
Dirección planta	Km 1.8 vía a las Mercedes, cantón Isidro Ayora
Teléfonos	(593) 960851639 (593) 999 110 587
E-mail	zeonatecventas@gmail.com

USOS DE LA SUSTANCIA

AGRÍCOLA

- Acondicionador de suelos agrícolas.
- Mejora las condiciones físicas y químicas del suelo.
- Potencializador de fertilizantes químicos u orgánicos.
- Absorbente rápido, evita la pérdida de nitrógeno y otros elementos.
- Liberación lenta, entrega dosificada de nutrientes a las plantas, de acuerdo a sus requerimientos.
- Ayuda en la obtención o preparación de compost.
- Mejora la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de los suelos.
- Ayuda a retener niveles adecuados de humedad.
- Administrador inteligente de nutrientes.

2.- COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO

ELEMENTO	Unidad	RESULTADO
Silicio (SiO ₂)	%	81,40
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	%	5,66
Hierro (Fe)	%	1,00
Magnesio (MgO)	%	1,00
CIC	meq/100gr	112 - 118

3.- COMPOSICIÓN QUÍMICA

Dióxido de silicio, Óxido de aluminio, Óxido de Magnesio, Óxido de Calcio, Óxido de potasio, Óxido de Hierro, Óxido de Sodio.

Anexo 10.

Tablas de cálculo de Ji cuadrado.

		pH				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inicial	8	8.1	7.91	8.19	32.2
	Semana 3	7.77	7.75	7.85	7.92	31.29
	Semana 6	7.57	7.63	7.74	7.86	30.8
	Total	23.34	23.48	23.5	23.97	94.29

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

χ^2 : Estadístico Chi cuadrado.
 O_i : frecuencias observadas.
 E_i : frecuencias esperadas.
 $E_i = \frac{n_{i.} * n_{.j}}{n}$

Esperado		pH				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inicial	7.00	7.00	7.00	7.00	28.00
	Semana 3	7.00	7.00	7.00	7.00	28.00
	Semana 6	7.00	7.00	7.00	7.00	28.00
	Total	21.00	21.00	21.00	21.00	84.00

		pH				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inicial	0.14	0.17	0.12	0.20	
	Semana 3	0.08	0.08	0.10	0.12	
	Semana 6	0.05	0.06	0.08	0.11	
	Total					1.31

PRUEBA DE HIPOTESIS

H₀: Independencia de las variables
H₁: Variables relacionadas

Estadístico de prueba

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

χ^2 1.31 experimental

gl = (r-1)*(c-1) = 2
 $\alpha = 0.05$ 0.05

$\chi^2_{(1-\alpha), (r-1)(c-1)}$ 5.99 critico

Decisión:
Conclusión:

		Nitrógeno				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	98.74	70.12	80.12	83.43	332.41
	Semana 3	70.09	69.61	74.72	64.07	278.49
	Semana 6	69.28	67.40	69.36	63.44	269.48
	Total	238.11	207.13	224.2	210.94	880.38

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

χ^2 : Estadístico Chi cuadrado.
 O_i : frecuencias observadas.
 E_i : frecuencias esperadas.
 $E_i = \frac{n_{i.} * n_{.j}}{n}$

		Nitrógeno				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana inic	89.90	78.21	84.65	79.65	332.41
	Semana 3	75.32	65.52	70.92	66.73	278.49
	Semana 6	72.88	63.40	68.63	64.57	269.48
	Total	238.11	207.13	224.20	210.94	880.38

		Nitrógeno				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana inic	0.87	0.84	0.24	0.18	
	Semana 3	0.36	0.26	0.20	0.11	
	Semana 6	0.18	0.25	0.01	0.02	
	Total					3.51

PRUEBA DE HIPOTESIS

H₀: Independencia de las variables
H₁: Variables relacionadas

Estadístico de prueba

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

χ^2 3.51

gl = (r-1)*(c-1) = 2
 $\alpha = 0.05$ 0.05

$\chi^2_{(1-\alpha), (r-1)(c-1)}$ 5.99

Decisión:
Conclusión:

		Fósforo				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	75.95	71.29	77.31	67.01	291.56
	Semana 3	71.67	64.16	69.26	64.45	269.54
	Semana 6	70.23	61.71	62.85	61.47	256.26
	Total	217.85	197.16	209.42	192.93	817.36

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

χ^2 : Estadístico Chi cuadrado.
 O_i : frecuencias observadas.
 E_i : frecuencias esperadas.
 $E_i = \frac{n_{i.} * n_{.j}}{n}$

		Fósforo				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	77.71	70.33	74.70	68.82	291.56
	Semana 3	71.84	65.02	69.06	63.62	269.54
	Semana 6	68.30	61.81	65.66	60.49	256.26
	Total	217.85	197.16	209.42	192.93	817.36

		Fósforo				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	0.04	0.01	0.09	0.05	
	Semana 3	0.00	0.01	0.00	0.01	
	Semana 6	0.05	0.00	0.12	0.02	
	Total					0.41

PRUEBA DE HIPOTESIS

H₀: Independencia de las variables

H₁: Variables relacionadas

Estadístico de prueba

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

χ^2 = 0.41

g| = (r-1)*(c-1) = 2
 $\alpha = 0.05$ 0.05

$\chi^2_{(1-\alpha),(r-1)(c-1)}$ = 5.99

Decisión:

Conclusión:

		Potasio				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	750.7	696	832.8	754.6	3034.1
	Semana 3	696	543.5	692.1	637.3	2568.9
	Semana 6	559.1	496.6	637.3	512.2	2205.2
	Total	2005.8	1736.1	2162.2	1904.1	7808.2

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

χ^2 : Estadístico Chi cuadrado.
 O_i : frecuencias observadas.
 E_i : frecuencias esperadas.
 $E_i = \frac{n_{i.} * n_{.j}}{n}$

		Potasio				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	779.41	674.61	840.18	739.89	3034.10
	Semana 3	659.91	571.18	711.36	626.45	2568.90
	Semana 6	566.48	490.31	610.65	537.76	2205.20
	Total	2005.80	1736.10	2162.20	1904.10	7808.20

		Potasio				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	1.06	0.68	0.06	0.29	
	Semana 3	1.97	1.34	0.52	0.19	
	Semana 6	0.10	0.08	1.16	1.21	
	Total					8.67

PRUEBA DE HIPOTESIS

H₀: Independencia de las variables

H₁: Variables relacionadas

Estadístico de prueba

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

χ^2 = 8.67

g| = (r-1)*(c-1) = 2
 $\alpha = 0.05$ 0.05

$\chi^2_{(1-\alpha),(r-1)(c-1)}$ = 5.99

Decisión:

Conclusión:

		Calcio				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	4081.9	4146.1	3833.5	3460.7	15522.2
	Semana 3	3925.6	3524.9	3390.6	3446.7	14287.8
	Semana 6	3659.1	3252.3	3112.1	3310.4	13333.9
	Total	11666.6	10923.3	10336.2	10217.8	43143.9

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

χ^2 : Estadístico Chi cuadrado.
 O_i : frecuencias observadas.
 E_i : frecuencias esperadas.
 $E_i = \frac{n_i \cdot n_j}{n}$

PRUEBA DE HIPOTESIS

H₀: Independencia de las variables

H₁: Variables relacionadas

Estadístico de prueba

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

		Calcio				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	4197.38	3929.96	3718.73	3676.13	15522.20
	Semana 3	3863.58	3617.43	3423.00	3383.79	14287.80
	Semana 6	3605.64	3375.92	3194.47	3157.88	13333.90
	Total	11666.60	10923.30	10336.20	10217.80	43143.90

χ^2 50.88

gl = (r-1)*(c-1) = 2
 $\alpha = 0.05$ 0.05

$\chi^2_{(1-\alpha), (r-1)(c-1)}$ 5.99

Decisión:
 Conclusión:

		Calcio				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	3.18	11.89	3.54	12.63	
	Semana 3	1.00	2.37	0.31	1.17	
	Semana 6	0.79	4.53	2.12	7.37	
	Total					50.88

PRUEBA DE HIPOTESIS

H₀: Independencia de las variables

H₁: Variables relacionadas

Estadístico de prueba

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

		Magnesio				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	776.5	747.4	730.4	697.6	2951.9
	Semana 3	744.9	706.1	708.5	687.8	2847.3
	Semana 6	736.4	658.7	647.7	662.3	2705.1
	Total	2257.8	2112.2	2086.6	2047.7	8504.3

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

χ^2 : Estadístico Chi cuadrado.
 O_i : frecuencias observadas.
 E_i : frecuencias esperadas.
 $E_i = \frac{n_i \cdot n_j}{n}$

χ^2 2.24

gl = (r-1)*(c-1) = 2
 $\alpha = 0.05$ 0.05

$\chi^2_{(1-\alpha), (r-1)(c-1)}$ 5.99

Decisión:
 Conclusión:

		Magnesio				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	783.70	733.16	724.27	710.77	2951.90
	Semana 3	755.93	707.18	698.61	685.58	2847.30
	Semana 6	718.17	671.86	663.72	651.34	2705.10
	Total	2257.80	2112.20	2086.60	2047.70	8504.30

		Magnesio				
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total
Semanas	Semana Inic	0.07	0.28	0.05	0.24	
	Semana 3	0.16	0.00	0.14	0.01	
	Semana 6	0.46	0.26	0.39	0.18	
	Total					2.24

		Sodio					
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total	
Semanas	Semana Inic	50.6	43.7	66.7	57.5	218.5	<p>PRUEBA DE HIPOTESIS</p> <p>H₀: Independencia de las variables</p> <p>H₁: Variables relacionadas</p> <p>Estadístico de prueba</p> $\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ <p>χ^2: Estadístico Chi cuadrado. <i>O_i</i>: frecuencias observadas. <i>E_i</i>: frecuencias esperadas. $E_i = \frac{n_{i.} * n_{.j}}{n}$</p>
	Semana 3	92.00	110.4	75.9	66.7	345	
	Semana 6	101.2	151.7	140.2	98.9	492	
	Total	243.8	305.8	282.8	223.1	1055.5	
		Sodio					
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total	
Semanas	Semana Inic	50.47	63.30	58.54	46.18	218.50	$\chi^2 = 19.20$
	Semana 3	79.69	99.95	92.44	72.92	345.00	
	Semana 6	113.64	142.54	131.82	103.99	492.00	
	Total	243.80	305.80	282.80	223.10	1055.50	
		Sodio					
		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Total	
Semanas	Semana Inic	0.00	6.07	1.14	2.77		<p>gI = (r-1)*(c-1) = 2</p> <p>α = 0.05</p> <p>$\chi^2_{(1-\alpha), (r-1)(c-1)} = 5.99$</p> <p>Decisión:</p> <p>Conclusión:</p>
	Semana 3	1.90	1.09	2.96	0.53		
	Semana 6	1.36	0.59	0.53	0.25		
	Total					19.20	

Anexo 11.

Adecuación del carbón activado



Anexo 12.

Resultados de laboratorio Semana Inicial

MCLASPA-2201-01



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana Sur Km. 1, SN Cutugueña,
 Tels: (02) 3007284 / (02)2504240
 Mail: laboratorio_dsa@iniap.gub.ve



INFORME DE ENSAYO No: 23-0080

NOMBRE DEL CLIENTE: Santamaría Santana María Estefanía	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 27/02/2023	9:40
PETICIONARIO: Santamaría Santana María Estefanía	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	27/02/2023
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Santamaría Santana María Estefanía	FECHA DE ANÁLISIS:	08/03/2023
DIRECCIÓN: Salcedo	FECHA DE EMISIÓN:	08/03/2023
	ANÁLISIS SOLICITADO:	SU610 1 + Suelo

Análisis	Ph	N	P	S*	S*	K	Ca	Mg	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca/Mg/K	Z Bases	MO*	CO.*	Textura (%)			Clase	IDENTIFICACIÓN	
Unidad		ppm	ppm	ppm	ppm	mg/100g	mg/100g	mg/100g	ppm	ppm	ppm	ppm				mg/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Textural		
23-0477	7.77	L AI	30.09	A	71.67	A										2.98	4.29	17.04	25.62					Punto 1
23-0478	7.75	L AI	69.63	A	71.29	A										2.97	1.26	12.93	34.62					Punto 2
23-0479	7.88	L AI	34.72	A	77.31	A										2.84	1.74	10.50	34.48					Punto 3
23-0480	8.13	Mh AI	64.07	A	63.49	A										2.88	4.39	17.04	23.57					Punto 4

Análisis	AlH*	Al*	Na	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	IDENTIFICACION
Unidad	ppm	ppm	mg/100g	%	%	ppm	mg/100g	ppm	ppm	ppm	
23-0477			0.66	B							Punto 1
23-0478			0.66	B							Punto 2
23-0479			0.61	B							Punto 3
23-0480			0.63	B							Punto 4

OBSERVACIONES: * Ensayos no solicitados por el cliente

METODOS USADOS

PH = Suelo Agudo (1:2.5)
 N = Fertilizante de Calcio
 S = Fertilizante de Calcio
 K = Fertilizante de Calcio
 Na = Fertilizante de Calcio
 C.E. = Fertilizante de Calcio
 N. Total = Fertilizante de Calcio
 N-NO3 = Fertilizante de Calcio
 K H2O = Fertilizante de Calcio
 P H2O = Fertilizante de Calcio
 Cl = Fertilizante de Calcio
 pH KCl = Fertilizante de Calcio

INTERPRETACION

Al = Acido N = Nitrato S = Sodio B = Bajo
 LA = Liger Acido LA = Liger Alcalino M = Medio
 MA = Medio Acido MA = Medio Alcalino A = Alto
 T = Tóxico

ABRVIATURAS

C.E. = Conductividad Eléctrica
 M.D. = Materia Orgánica

LABORATORISTA: Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo. NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. * Opciones de interpretación: etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

RESPONSABLE DE LABORATORIO

Anexo 13.

Resultados de laboratorio Semana 3

MCLASPA-2201-01



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana Sur Km. 1, SN Cutugueña,
 Tels: (02) 3007284 / (02)2504240
 Mail: laboratorio_dsa@iniap.gub.ve



INFORME DE ENSAYO No: 23-0048

NOMBRE DEL CLIENTE: Santamaría Santana Andrea Estefanía	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 08/02/2023	8:18
PETICIONARIO: Santamaría Santana Andrea Estefanía	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	13/02/2023
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Santamaría Santana Andrea Estefanía	FECHA DE ANÁLISIS:	17/02/2023
DIRECCIÓN: Salcedo	FECHA DE EMISIÓN:	21 + Na
	ANÁLISIS SOLICITADO:	

Análisis	Ph	N	P	S*	S*	K	Ca	Mg	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca/Mg/K	Z Bases	MO*	CO.*	Textura (%)			Clase	IDENTIFICACIÓN	
Unidad		ppm	ppm	ppm	ppm	mg/100g	mg/100g	mg/100g	ppm	ppm	ppm	ppm				mg/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Textural		
23-0326	7.57	L AI	89.28	A	75.95	A										3.19	3.59	15.04	28.54					Punto 1 (M2)
23-0327	7.77	L AI	67.40	A	64.16	A										3.36	4.84	21.13	28.12					Punto 2 (M2)
23-0328	7.85	L AI	69.36	A	69.26	A										3.18	3.43	14.35	20.89					Punto 3 (M2)
23-0329	8.19	Mh AI	63.44	A	67.01	A										3.05	3.48	14.08	24.57					Punto 4 (M2)

Análisis	AlH*	Al*	Na	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	IDENTIFICACION
Unidad	ppm	ppm	mg/100g	%	%	ppm	mg/100g	ppm	ppm	ppm	
23-0326			0.40	B							Punto 1 (M2)
23-0327			0.48	B							Punto 2 (M2)
23-0328			0.39	B							Punto 3 (M2)
23-0329			0.39	B							Punto 4 (M2)

OBSERVACIONES: * Ensayos no solicitados por el cliente

METODOS USADOS

PH = Suelo Agudo (1:2.5)
 N = Fertilizante de Calcio
 S = Fertilizante de Calcio
 K = Fertilizante de Calcio
 Na = Fertilizante de Calcio
 C.E. = Fertilizante de Calcio
 N. Total = Fertilizante de Calcio
 N-NO3 = Fertilizante de Calcio
 K H2O = Fertilizante de Calcio
 P H2O = Fertilizante de Calcio
 Cl = Fertilizante de Calcio
 pH KCl = Fertilizante de Calcio

INTERPRETACION

Al = Acido N = Nitrato S = Sodio B = Bajo
 LA = Liger Acido LA = Liger Alcalino M = Medio
 MA = Medio Acido MA = Medio Alcalino A = Alto
 T = Tóxico

ABRVIATURAS

C.E. = Conductividad Eléctrica
 M.D. = Materia Orgánica

LABORATORISTA: Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo. NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. * Opciones de interpretación: etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

RESPONSABLE DE LABORATORIO

Anexo 14.

Resultados de laboratorio Semana 6



INIAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana Sur Km. 1, SN Cubajagua,
 Tls. (02) 3007284 / (02)2504240
 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec



IASPA

INFORME DE ENSAYO No: 22-0722

NOMBRE DEL CLIENTE: Santamaría Santana Andrea Estefanía
PETICIONARIO: Santamaría Santana Andrea Estefanía
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Santamaría Santana Andrea Estefanía
DIRECCIÓN: Salcedo / Cotopaxi

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 09/12/2022
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 9:54
FECHA DE ANÁLISIS: 12/12/2022
FECHA DE EMISIÓN: 16/12/2022
ANÁLISIS SOLICITADO: 51 + NA

Análisis	pH	N	P	S*	B*	K	Ca	Mg	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Z	MO*	CO.*	Textura (%)				IDENTIFICACIÓN
																			Arena	Limo	Arcilla	Textural	
22-2671	8,00	L AI	98,78	A	70,67	A	1,92	A	29,93	A	5,06	A	3,21	3,35	13,38	27,57							Punta 1 (M1)
22-2672	8,10	Mv AI	70,12	A	61,71	A	1,39	A	37,59	A	5,42	A	3,34	3,90	15,59	24,41							Punta 2 (M2)
22-2673	7,91	L AI	80,12	A	62,85	A	1,77	A	36,92	A	5,33	A	3,17	3,01	12,56	24,03							Punta 3 (M3)
22-2674	7,92	L AI	83,43	A	61,45	A	1,93	A	37,20	A	5,65	A	3,04	2,92	11,82	24,79							Punta 4 (M4)

Análisis	Al ⁺⁺⁺	Al	Na	C.E. *	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g	%	%	ppm	meq/100g	ppm	ppm	ppm	
22-2671			0,22	B							Punta 1 (M1)
22-2672			0,19	B							Punta 2 (M2)
22-2673			0,29	B							Punta 3 (M3)
22-2674			0,25	B							Punta 4 (M4)

OBSERVACIONES: * Ensayos no solicitados por el cliente

MÉTODOS USADOS

N	±	Suelo Agua (0-2%)	4 Ca Mg	±	Otros Modificados
SR	±	Puntaje de Calcio	Ca Fe Mn Zn	±	Otros Modificados
	±			±	Consumos

INTERPRETACION

Elemento	
Ac	± Acido
Alc	± Alcali
LA	± Lig. Acido
LAAl	± Lig. Alcalino
PM	± Ptas. Modific.
Al	± Alcali
RC	± Reservas Cap.

MÉTODOS USADOS

±	±	Partículas
±	±	Diámetro de Partidas
±	±	Turbidez SUCR

LABORATORISTA

JOSE AGUIRRE
CORONA
MILADRE

RESPONSABLE DE LABORATORIO

JOSÉ SUAREZ
CORONA
MILADRE

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.
NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el factor de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.
 * Opciones de interpretación, etc. que se indican en este informe constituyen una guía para el cliente.

Anexo 15.

Aval del TraductorCENTRO
DE IDIOMAS***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“APLICACIÓN DE MATERIALES DE ADSORCIÓN MOLECULAR EN SUELOS FRANCOS, PARA SU REMEDIACIÓN AMBIENTAL EN EL BARRIO ANCHILIVÍ, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022-2023”** presentado por: **Santamaría Santana Andrea Estefanía** egresada de la Carrera de: **Ingeniería Ambiental**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Mayo del 2023.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Marco Paúl Beltrán Semblantes'.

CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CC: 0502666514