



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS

NATURALES

INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE SUELOS TRATADOS CON BIOL EN EL
CAMPUS EXPERIMENTAL ACADÉMICO(CEASA), PERIODO 2022”

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

Autor:

Medina Lagla Karen Analy
Ushco Ante Cándida Eulalia

Tutor:

Ing. Agreda Oña José Luis, MSc.

LATACUNGA – ECUADOR

Abril – Agosto 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Medina Lagla Karen Analy, con cédula de ciudadanía No. 0503110496 y Ushco Ante Cándida Eulalia, con cédula de ciudadanía No. 0503984288, declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Análisis de la calidad de suelos tratados con Biol en el campus experimental académico (CEASA), periodo 2022”, siendo el Ingeniero MSc. José Luis Agreda Oña, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 06 de septiembre del 2022

Medina Lagla Karen Analy

Estudiante

CC: 0503110496

Ushco Ante Cándida Eulalia

Estudiante

CC: 0503984288

Ing. José Luis Agreda Oña, MSc.

Docente Tutor

CC: 0401332101

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 **MEDINA LAGLA KAREN ANALY**, identificada con cédula de ciudadanía **0503110496** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominarán **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian 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. - LAS CEDENTES son personas naturales estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Análisis de la calidad de suelos tratados con Biol en el CAMPUS CEASA periodo 2022”, 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: Octubre 2018 – Marzo 2019

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Septiembre 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero MSc. José Luis Agreda Oña

Tema: “Análisis de la calidad de suelos tratados con Biol en el campus experimental académico (CEASA), periodo 2022”

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, **LAS CEDENTES** autorizan 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 **LAS CEDENTES**, transfieren 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 reproducción 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 **LAS CEDENTES** declaran 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 **LAS CEDENTES** podrán utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LAS CEDENTES** 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 31 días del mes de agosto del 2022.

Medina Lagla Karen Analy

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.

LA CEDENTE

LA CESIONARIA

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 **USHCO ANTE CÁNDIDA EULALIA**, identificada con cédula de ciudadanía **0503984288** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian 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. - LAS CEDENTES son personas naturales estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Análisis de la calidad de suelos tratados con Biol en el CAMPUS CEASA periodo 2022”, 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: Octubre 2018 – Marzo 2019

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Septiembre 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero MSc. José Luis Agreda Oña

Tema: “Análisis de la calidad de suelos tratados con Biol en el campus experimental académico (CEASA), periodo 2022”

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, **LAS CEDENTES** autorizan 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 **LAS CEDENTES**, transfieren definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) 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 **LAS CEDENTES** declaran 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 **LAS CEDENTES** podrán utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LAS CEDENTES** 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 31 días del mes de agosto del 2022.

Ushco Ante Cándida Eulalia

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.

LA CEDENTE

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“Análisis de la calidad de suelos tratados con Biol en el campus experimental académico (CEASA), periodo 2022”, de Medina Lagla Karen Analy y Ushco Ante Cándida Eulalia, 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, 31 de agosto del 2022

Ing. José Luis Agreda Oña, MSc.

DOCENTE TUTOR

CC: 0401332101

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, las postulantes: Medina Lagla Karen Analy y Ushco Ante Cándida Eulalia, con el título del Proyecto de Investigación: “Análisis de la calidad de suelos tratados con Biol en el campus experimental académico (CEASA), periodo 2022”, han 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, 31 de agosto del 2022

Lector 1 (presidente)

Ing. Vladimir Ortiz, MSc.

CC: 0502188451

Lector 2

Lic. Roberto Irazabal, MSc.

CC: 1720071024

Lector 3

Ing. Marco Rivera, MSc.

CC: 0501518955

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, damos las gracias a Dios por permitirnos sonreír ante nuestro logro, a nuestros ángeles en el cielo Eduardo y Ernesto por guiarnos y protegernos siempre.

A la universidad por habernos aceptado ser parte de ella y abierto las puertas y poder estudiar la carrera.

Agradecemos también a nuestro tutor de tesis Ing. José Luis Agreda por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento y también habernos tendido la paciencia de guiarnos durante el desarrollo de la tesis.

Karen M. &Cándida U.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios y a toda su corte celestial por bendecirme, guiarme y ser mi fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A la memoria de mi padre Ángel Ernesto quién me motivo a luchar por esta meta y aunque ahora no está físicamente, jamás he dejado de sentir su apoyo y motivación. Su ejemplo de lucha me mantuvo soñando cuando quise rendirme. A mi timón y ancla mis madres Verónica y Margarita por ser quienes me han ayudado a cumplir todas mis metas y sueños. A mis pequeños Ernesto y Emmanuel por ser el motorcito que me ha impulsado a continuar y a ser mejor en todo lo que me he propuesto.

Además, quiero dedicar esta tesis a toda mi familia, por apoyarme cuando más los necesito, por extenderme su mano en los momentos difíciles y por el amor que me han brindado y brindan cada día, de verdad mil gracias mis queridos MILLI, siempre los llevo en mi corazón.

A Candy mi amiga incondicional y compañera de trabajo de titulación, quien hizo mi vida universitaria más bonita, gracias eternas a todos y cada uno de los amigos y familiares que me han apoyado y motivado.

Karen M.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía espiritual en este largo camino, gracias a él supere los momentos más difíciles y me levante para culminar con éxito. A mi abuelito, a pesar de nuestra distancia física sé que estás conmigo siempre cuidándome, guiándome y sé que este momento hubiera sido tan especial para ti, como lo es para mí y porque te amo infinitamente. A mi abuelita, por ser como una madre para mí e inculcarme buenos valores y velar por mí durante mi infancia. A mi mamá, por apoyarme en todo momento sin importar nuestras diferencias. A mis hermanos, Damián, Natalia y en especial a mi hermana Giss por ser el pilar más importante y apoyarme incondicionalmente desde siempre. A toda mi familia, porque me han brindado todo su cariño por siempre impulsarme a ser mejor persona. A mi amiga Analy, por brindarme su amistad y que gracias al equipo que formamos logramos cumplir nuestra meta. Gracias a cada uno de ustedes por motivarme a salir adelante, siempre voy a estar inmensamente agradecida. Gracias a cada uno de ustedes por motivarme a salir adelante, siempre voy a estar inmensamente agradecida.

Cándida U.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “Análisis de la calidad de suelos tratados con Biol en el campus experimental académico (CEASA), periodo 2022”.

AUTORES: Medina Lagla Karen Analy
Ushco Ante Cándida Eulalia

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal el analizar la calidad del suelo del proyecto Machu Picchu mediante la aplicación de las diferentes concentraciones de biol para mejorar su condición natural, aplicándolo en 4 diferentes dosis, se desarrolló en la Universidad Técnica de Cotopaxi a 2734 m.s.n.m., con un pH del suelo alcalino (9,54) una temperatura media de 14.2 o C y una precipitación anual de 254.8mm. Se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) y tres repeticiones obteniendo un total de 24 unidades experimentales. El establecimiento del ensayo en plantas establecidas, cada unidad experimental quedó delimitada a lo largo y a lo ancho con una separación de 1 metro entre tratamientos, cada tratamiento estuvo conformado por 6 plantas. La aplicación del Biol se la realizó dos veces con un intervalo de un mes con las diferentes dosis: T1(1kg), T2(1,5 Kg), T3(2 Kg) y T4(2,5Kg). Los resultados de la presente investigación arrojaron los siguientes datos: Para las propiedades físicas y químicas del suelo: todos los tratamientos bajaron el pH del suelo de 9,54 a 8,29 e incrementaron el porcentaje de materia orgánica (MO) en el suelo de 0,23 a 2,1; el tratamiento (T4) presento las mejores propiedades para la recuperación de suelos erosionados, considerando que también se obtuvo los mejores resultados en, altura de planta (48,33 cm), el T5 como testigo, presentó los promedios más bajos. La calidad suelo tuvo una valoración inicial de 52,5 puntos que se consideró como regular y después del tratamiento obtuvo 62,5 puntos, considerado como bueno, según la escala de ISQ. Al realizar una comparación con otro biol mejorador de suelos llamado Fertibiol, se pudo concluir que el biol elaborado presenta una eficiencia del 38.23% en comparación del biol en discusión. Tomando en cuenta que presenta ventajas significativas y cumple con todos los parámetros sugeridos por la Normativa Ambiental vigente.

Palabras clave: Biol, suelos, calidad, condición natural, eficiencia.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

TOPIC: TOPIC: " Land quality analysis treated with Biol in the academic experimental campus (CEASA), 2022 period".

AUTHORS: Medina Lagla Karen Analy
Ushco Ante Cándida Eulalia

ABSTRACT

The current research had as aim to analyze the Machu Picchu project land quality of the soil, through the biol different concentrations application to improve its natural condition, applying it into 4 different doses, it was developed at the Cotopaxi Technical University at 2734 meters above sea level, with an alkaline land pH (9.54), a 14.2 0 C average temperature and a 254.8 mm annual rainfall. It was applied a Completely Randomized Block Design (DBCA) and three repetitions, getting a 24 experimental units total. The trial establishment into established plants, each experimental unit was delimited lengthwise and widthwise with a 1 meter separation between treatments, each treatment consisted by 6 plants. The Biol application was made twice with an interval with the one month to different doses: T1(1kg), T2(1.5Kg), T3(2Kg) and T4(2.5Kg). The present research results yielded the following data: For the land physical and chemical properties: all the treatments lowered the soil pH from 9.54 to 8.29 and it increased the organic matter (OM) percentage in the soil from 0.23 to 2.1. The treatment (T4) presented the best propenies for the eroded soil recoveries, considering, what the best results were also got into the plant height (48.33 cm), T5 as a control, it presented the lowest averages. The soil quality had a 52.5 points initial assessment, which it was considered fair, and after treatment, it got 62.5 points, it considered good, according to the ISQ scale. When making a comparison with another soil improver biol, it called Fertibiol, it can conclude, what the elaborated biol presents 38.23% of efficiency in comparison to the biol under discussion. Taking into account, which it presents significant advantages and it complies with all the suggested parameters by the current Environmental Regulations.

Keywords: Biol, soils, quality, natural condition, efficiency.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
DEDICATORIA	x
DEDICATORIA	xi
RESUMEN.....	xii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL	18
2. JUSTIFICACIÓN.....	20
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	21
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	21
5. OBJETIVOS	22
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	24
6.1 Suelo.....	24
6.2 Degradación del suelo.....	26
6.2.1 <i>Procesos de degradación de suelos</i>	29
6.3 Degradación Física	29
6.3.1 <i>Degradación Biológica</i>	29
6.3.2 <i>Desertificación</i>	30
6.4 Parámetros Biofísicos	30
6.4.1 <i>El pH de suelo</i>	31
6.4.2 <i>Salinidad de suelos</i>	31

6.5	<i>Calidad del Suelo</i>	33
6.7.2	<i>Indicadores de la calidad de Suelo</i>	34
6.7.4	<i>Indicadores químicos</i>	36
6.7.5	<i>Recuperación de suelos</i>	37
6.8	El Biol	37
6.8.1	<i>Qué es el biol</i>	37
6.8.2	<i>Propiedades del Biol</i>	38
6.8.3	<i>Verificación de la calidad del Biol</i>	38
6.8.4	<i>Formación del biol</i>	39
6.8.5	<i>Usos del biol</i>	39
6.8.6	<i>Funciones del biol</i>	40
6.8.7	<i>Tipos de biol</i>	40
6.8.8	<i>Beneficios del biol</i>	41
6.9	Sostenibilidad y Ambiente Sano en el Ecuador	42
6.9.1	<i>La FAO, La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación</i>	43
6.9.2	<i>El Código Orgánico del Ambiente</i>	43
6.9.3	<i>Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados</i>	44
6.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	45
7.1	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	46
7.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	47
8.1	Enfoque de la investigación	47
8.2	Ubicación	47
8.2.1	<i>Coordenadas geográficas</i>	48
8.3	Condiciones ambientales	48
8.4	Preparación del Biol	48

8.4.1 <i>Materia prima</i>	48
8.5 Tipos de investigación	49
8.5.1 <i>Investigación Bibliográfica</i>	49
8.5.2 <i>Investigación Descriptiva</i>	50
8.5.3 <i>Criterio de expertos</i>	50
8.5.5 <i>Técnicas</i>	50
8.6 Técnica de Investigación Bibliográfica	50
8.7 Diseño Experimental	50
8.7.1 <i>Determinación de dosis por tratamiento</i>	51
8.8 Metodología de campo	52
8.8.1 <i>Muestreo de suelo</i>	53
8.8.2 <i>Procedimiento</i>	53
8.9 Análisis de Datos	56
8.9.1 <i>Medida de condiciones externas</i>	56
8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	58
9.1 <i>Medición de los parámetros biofísicos</i>	58
9.2 Resultados de las muestras analizadas	60
9. Resultados de la aplicación de dosis	64
10.1 <i>Análisis de varianza para la variable “altura de planta”</i>	65
10.2 <i>Análisis comparativo de la eficiencia</i>	67
10. Análisis comparativo entre Bioles	69
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades y Sistema de tareas con relación a los objetivos planteados.....	23
Tabla 2 Indicadores físicos y químicos de la calidad de suelos	36
Tabla 3 Anexo 2 TULSMA Tabla 3	45
Tabla 4 Operacionalización de variables	46
Tabla 5 Ingredientes del Biol	49
Tabla 6 Esquema de ADEVA	51
Tabla 7 Tratamientos aplicados al suelo, con sus diferentes dosificaciones.	52
Tabla 8 Medición de factores biofísicos del suelo.	58
Tabla 9 Resultados del análisis de las muestras de suelo.	60
Tabla 10 Resultados del ISQ.....	62
Tabla 11 Valoración del estado del suelo mediante el índice de calidad de suelo.....	63
Tabla 12 Cálculo RAS.....	64
Tabla 13 Análisis de varianza Evaluación 1.....	65
Tabla 14 Evaluación de Tukey Evaluación 1	65
Tabla 15 Análisis de varianza Evaluación 2.....	65
Tabla 16 Evaluación de Tukey Evaluación 2	66
Tabla 17 Análisis de varianza Evaluación 3.....	66
Tabla 18 Evaluación de Tukey Evaluación 3	66
Tabla 19 Eficiencia de los tratamientos aplicados	67
Tabla 20 Cálculo de la eficiencia	68
Tabla 21 Comparación entre bioles	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño de bloques en campo	51
Figura 2 Muestreo en zig-zag.....	54
Figura 3 Muestra de suelo con corte en V.....	54
Figura 4. Proceso de cuarteo.....	55
Figura 5 Ejemplo de registro de temperatura y humedad relativa del suelo.	56

1. INFORMACIÓN GENERAL

Los antecedentes de este proyecto se dieron por lo expuesto en el artículo 21 del Reglamento de Trabajo de Titulación de Posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi, corresponde a la línea de investigación: Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local, energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental, la sub-línea es: Sostenibilidad ambiental y manejo y conservación del recurso suelo y la línea de vinculación con la facultad es: Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

Título del Proyecto:

“Análisis de la calidad de suelos tratados con Biol en el campus experimental académico (CEASA), periodo 2022”

Lugar de ejecución:

Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería Ambiental.

Nombres de equipo de investigación:

Tutor: Ing. José Luis Ágredda Oña, MSc.

Estudiante 1: Srta. Medina Lagla Karen Analy

Estudiante 2: Srta. Ushco Ante Cándida Eulalia

LECTOR 1: MSc.. Vladimir Ortiz Bustamante

LECTOR 2: MSc.. Roberto Irazabal Morales

LECTOR 3: MSc.. Marco Rivera Moreno

Área de Conocimiento:

Ciencia Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, existe una falta de conocimiento sobre el impacto de los tratamientos de suelos con Biol. Este estudio pretende cubrir esta brecha de información mediante el análisis de la calidad de suelos tratados con Biol. Este tratamiento permite mejorar la contaminación de los suelos, lo que a su vez contribuye a la protección de la salud humana y el medio ambiente. Asimismo, el tratamiento con Biol mejora la fertilidad de los suelos y aumenta la capacidad de absorción de agua, lo que permite una mejor utilización de los recursos naturales.

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo analizar la calidad de suelos tratados con Biol para realizar un análisis comparativo entre los parámetros de estudio y los beneficios que brinda cada uno al suelo. Para ello, se llevarán a cabo una serie de análisis físico-químicos de los suelos tratados. Se espera que el estudio contribuya a mejorar el conocimiento sobre el impacto de este tratamiento y que sirva de base para el desarrollo de estrategias de mejora.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los beneficiarios directos del presente estudio serán los propietarios de suelos contaminados que deseen utilizar el tratamiento con Biol. Los beneficiarios indirectos serán la sociedad en general, ya que el estudio contribuirá a mejorar el conocimiento sobre el impacto de este tratamiento en el ambiente. Además, el estudio servirá de base para el desarrollo de estrategias de mejora dentro del campus. Por otro lado, se espera que el estudio contribuya a mejorar la contaminación de los suelos, lo que a su vez tendrá un impacto positivo en la salud humana y el medio ambiente.

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La problemática se ve reflejada en la actualidad, donde el tratamiento de suelos contaminados es un tema de importancia, debido a la necesidad de proteger el medio ambiente. Los métodos convencionales de limpieza de suelos son ineficientes por lo que van generando residuos peligrosos que requieren un tratamiento especial.

El tratamiento de suelos con BIOL es una técnica utilizada para mejorar la calidad del suelo y hacerlo más apto para el cultivo. Sin embargo, el uso de este tratamiento puede tener algunos efectos adversos en la calidad del suelo, como la disminución de la capacidad de retención de agua y la degradación de la estructura del suelo. Por lo tanto, es importante evaluar la calidad del suelo tratado con BIOL antes de utilizarlo para el cultivo.

En el CAMPUS CEASA, se realizan experimentaciones que pueden dejar erosionado el suelo. En base a esta problemática encontrada, se hace necesario el análisis de la calidad del suelo tratado con BIOL en CAMPUS CEASA, con el objetivo de mejorar el tratamiento y evitar los efectos adversos en la calidad del suelo.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

- a) Analizar la calidad del suelo del proyecto Machu Picchu mediante la aplicación de las diferentes concentraciones de biol para mejorar su condición natural.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Estimar la condición del suelo y los parámetros biofísicos por medio de estudios fisicoquímicos de sus constituyentes y análisis de laboratorio correspondientes.
- b) Determinar la dosis de biol más efectiva mediante la comparación de tratamientos aplicados a la especie arbórea identificada en la zona de estudio.
- c) Realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos con otros estudios referentes al mejoramiento de suelo en base al tratamiento con biol.

Tabla 1 *Actividades y Sistema de tareas con relación a los objetivos planteados.*

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
0.1.- Estimar la condición del suelo y los parámetros biofísicos por medio de estudios fisicoquímicos de sus constituyentes y análisis de laboratorio correspondientes.	Recopilación de datos biofísicos (pH, temperatura, humedad relativa y conductividad eléctrica). Análisis de laboratorio para los principales parámetros como indicadores de la calidad del suelo.	Experimental- de campo y laboratorio, uso de equipos para medir parámetros en el suelo. Muestreo de suelo.	Tablas y/o gráficos con los datos recopilados, análisis e interpretación de los resultados.
0.2.- Determinar la dosis de biol más efectiva mediante la comparación de tratamientos aplicados a la especie arbórea identificada en la zona de estudio.	Aplicación de biol en el suelo. Recopilación de datos variable (altura de la planta)	Experimental de campo.	Tablas y/o gráficos con los datos recopilados, análisis e interpretación de los resultados.
0.3.- Realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos con otros estudios referentes al mejoramiento de suelo en base al tratamiento con biol.	Comparación resultados de otros estudios similares.	Cualitativa analítica-comparativa.	Comparación del biol generado en base a parámetros similares de estudio con un biol realizado en otra investigación.

Elaborado por: Medina & Ushco (2022)

6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

6.1 Suelo

El suelo es una parte importante de los ecosistemas terrestres. Las plantas reciben el mismo soporte y nutrientes, excepto que en ellas se desarrollan al menos algunas etapas de los ciclos biogeoquímicos que ocurren en los ecosistemas. Sin suelo, la vida tal como la conocemos sería imposible. Es un recurso natural considerado vital porque la calidad del suelo, la vegetación y el agua en conjunto determinan la calidad de un ecosistema; en este sentido, la información del suelo es un sustento natural para la evaluación y manejo sostenible de la tierra. (Bathurst et al.).

Entre los diversos tipos de degradación del suelo destacan la erosión, la salificación y alcalinización, la degradación química (contaminación, acidificación), la degradación física (compactación, sellado) e incluso la degradación biológica, como la mineralización acelerada de la materia orgánica. La erosión hídrica se inicia mediante una serie de procesos que se manifiestan en la capa superficial del suelo, que con el paso del tiempo se magnifican hasta incluir varias o incluso todas sus capas, llegando a cubrir grandes extensiones territoriales.

La importancia del suelo radica en las esenciales funciones que desempeña, siendo la base no sólo para la agricultura y para los diferentes ecosistemas, sino que de él depende toda la vida del planeta. De acuerdo con (Doran & Safley, 1997) estas funciones las podemos agrupar en:

Ecológicas:

- a) Es el soporte físico de una vegetación estable y de la producción de biomasa (comida, fibra, energía).
- b) Juega un papel crítico en el mantenimiento de la calidad del aire y de los ecosistemas, debido a su capacidad de filtrar, amortiguar y transformar compuestos tóxicos para proteger el ambiente y los nacimientos de agua de la contaminación.
- c) Desempeña un papel esencial en el almacenamiento de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos, proporcionándoles un hábitat adecuado, al tiempo que es un reservorio genético para plantas, animales y organismos que deben ser protegidos de la extinción.

Relacionadas con la actividad humana:

- a) Constituye un medio físico que sirve de base espacial para estructuras técnicas e industriales y actividades socioeconómicas.
- b) Es fuente de materia prima y suplemento de agua, arcilla, arena, grava, y minerales, entre otros.
- c) Es parte de la herencia cultural al contener restos arqueológicos y paleontológicos importantes para preservar la historia de la tierra y de la humanidad.

La necesidad de reducir la dependencia de productos químicos artificiales para diferentes cultivos está obligando a buscar alternativas fiables y sostenibles. Dichos fertilizantes son muy importantes en la agricultura orgánica y se utilizan cada vez más para la intensificación de cultivos. (Cervantes, 2015).

Gacian en su obra científica del 2011 ha establecido que la elaboración de abonos orgánicos ocupa un lugar muy importante en la agricultura, ya que contribuye al mejoramiento de las estructuras y fertilización del suelo a través de la incorporación de nutrientes y microorganismos, y también a la regulación del pH del suelo.

6.2 Degradación del suelo

La degradación del suelo se define como un cambio en la salud del suelo que reduce la capacidad de un ecosistema para producir bienes o brindar servicios a sus beneficiarios. La salud de los suelos degradados no puede proporcionar los bienes y servicios normales de los suelos asociados en sus ecosistemas.(FAO, 2022).

Si se degrada el suelo, se degrada fundamentalmente el medio ambiente, es decir, tarde o temprano afecta a todo el medio ambiente. La degradación del suelo es causada ante todo por las actividades humanas. Desde la deposición de contaminantes atmosféricos, emisiones no controladas o derrames por accidentes de hidrocarburos y otros contaminantes, hasta el almacenamiento inadecuado de productos industriales, el vertido de residuos municipales o el uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas, esto daña el suelo con nefastas consecuencias a largo plazo. Estos procesos que ll(Borrás, 2017).

Tomando las ideas mostradas anteriormente, la degradación del suelo se puede definir como un proceso natural acelerado por la actividad del ser humano. La degradación del suelo como el rompimiento de las propiedades del suelo que restringen su productividad, fundamentalmente por un manejo inapropiado. Varios

autores señalan a su vez, que dicho proceso se origina por fenómenos tanto provocados como acelerados por el hombre, disminuyendo la capacidad actual y futura del suelo como soporte para el desarrollo del ser humano (Reinoso, 2018).

Con el fin de distinguir los términos de suelo degradado, suelo potencialmente degradable, suelo no degradable y suelo con limitaciones, se presentan los siguientes conceptos:

- a) **Suelo degradado:** Corresponde a suelos que exhiben un declive en su capacidad intrínseca o potencial para generar flujos de bienes y servicios sustentables en el tiempo.
- b) **Suelo potencialmente degradable:** Hace alusión a suelos que son susceptibles a la degradación si no se operan conforme a sus capacidades, esto justificado por sus características morfológicas, químicas o biológicas.
- c) **Suelo no degradado:** Se refiere a suelos que, en virtud de sus características propias o su apropiado manejo, no exhiben señales del descenso de sus potencialidades.
- d) **Suelo con limitaciones:** Suelo que no está necesariamente degradado, pero que sus características inherentes restringen el crecimiento de la vegetación.

Los cambios en los patrones de precipitación, el aumento de la temperatura atmosférica, el calentamiento y el aumento del nivel del mar son algunos de los efectos del cambio climático. Los principales efectos del aumento de las temperaturas atmosféricas globales son bien conocidos, pero el potencial de

impacto en los ciclos naturales, los ecosistemas y los recursos hídricos es enorme y aún no está completamente documentado. Sin embargo, la gran mayoría de los impactos del cambio climático son causa de la degradación de la tierra, que como sabemos sustenta la supervivencia de las especies humanas, vegetales y animales y la existencia de los ecosistemas.

El cambio climático genera condiciones climáticas más extremas en cuanto a frecuencia e intensidad. La abundancia de lluvias y el aumento en su intensidad propician el escenario adecuado para que la erosión actúe en zonas sin cobertura vegetal y remueva valiosas tierras fértiles para la agricultura o inundaciones sobre zonas pobladas y cultivos.

En otros sitios, en donde existe escasez de agua, serán más notables y prolongados los períodos secos, con respecto a la media normal, afectando directamente a comunidades humanas, animales y vegetación, que dependen del agua almacenada en el suelo y la vegetación. Sin embargo, debido al uso excesivo de labores agrícolas y de pastoreo, el suelo degradado pierde la capacidad innata de retener la humedad en las épocas de déficit hídrico.

(MATTE)menciona, casi el 15% de la superficie terrestre del planeta ha sido degradada por las actividades humanas; particularmente, más de la mitad por efectos de la erosión hídrica (56%), y el resto por erosión eólica (28%), degradación química (12%) y física (4%). Las principales causas son el pastoreo excesivo (35%), la deforestación (30%), la agricultura (27%), la sobre explotación de la vegetación (7%) y las actividades industriales (1%). Particularmente la agricultura

y ganadería generan más del 51% de los gases de efecto invernadero, debido principalmente a la erosión y expansión de la frontera agrícola.

6.2.1 Procesos de degradación de suelos

Estos procesos que hacen que el suelo reduzca su capacidad productiva inicial se denominan “procesos de degradación” y son: 1. Erosión, 2. Degradación física, 3. Degradación biológica, 4. Degradación química y 5. Desertificación (Piscitelli, 2015).

6.3 Degradación Física

Relacionado con esto hay una serie de microprocesos que alteran el espacio libre "poroso" que tiene el suelo, permitiendo que el aire y el agua "se muevan". Cambios adversos en el suelo que afectan las condiciones físicas relacionadas con el movimiento de aire, agua y nutrientes y el desarrollo de raíces. Estos procesos pueden tener lugar en la superficie del suelo o bajo tierra, siendo los efectos más comunes la capa de compactación (arado o zapata), sellado de la superficie del suelo (cepillado), formación de costras. Junto con el proceso de erosión hídrica, es uno de los procesos más frecuentes y más promovidos en las tierras agrícolas de mi país. Desafortunadamente, muchas veces se considera un proceso natural que ocurre en el suelo, más que un proceso que resulta del uso y manejo inadecuado.

6.3.1 Degradación Biológica

La pérdida de biodiversidad (organismos) y de materia orgánica (organismos de origen animal y vegetal, parcial y/o totalmente descompuestos o transformados) como consecuencia de los procesos de biodegradación constituyen los efectos más

notorios. Esto afecta a diferentes funciones del suelo, por ejemplo, la función más importante para los suelos agrícolas es la transformación, el reciclaje y la posterior asimilación de nutrientes por parte de las plantas. Además, la inclusión y persistencia de los minerales del suelo en células (estructuras) específicas ayudan a mantener los espacios porosos, lo que asegurará la transferencia del agua de lluvia y/o riego a través del suelo y eliminará los excesos. Excepto por el movimiento de aire dentro y fuera del suelo. Se ha demostrado ampliamente que la utilización intensiva del suelo y la aplicación inadecuada de tecnología son las principales causas de estos procesos de biodegradación en los suelos agrícolas.

6.3.2 Desertificación

Es un proceso integral multicausal desarrollado en zonas áridas, semiáridas o subhúmedas del país afectando a todo el ecosistema. Es el resultado de la explotación por actividades humanas en las que la fragilidad de los sistemas naturales no es considerada y excede la capacidad productiva del sistema. El resultado final es una disminución en el rendimiento de los cultivos debido a las condiciones establecidas que son más extremas que las naturales. La desaparición de la vegetación herbácea y la tala y sequía descontrolada provocada por el cambio climático natural y antrópico constituyen los principales detonantes de este proceso. El manejo irrazonable del agua y del suelo es el factor decisivo para su tendencia, velocidad y ocurrencia.

6.4 Parámetros Biofísicos

Los primeros 30 cm del suelo del planeta contienen prácticamente el doble de carbono que el que existe en toda la atmósfera.

El suelo es el segundo sumidero natural de carbono más grande después del océano, superando la capacidad de los bosques y otra vegetación para capturar dióxido de carbono del aire. Estos hechos nos recuerdan la importancia de suelos saludables, no solo para la producción de alimentos, sino para ayudarnos a prevenir los peores impactos del cambio climático. Impactos y vulnerabilidad también destaca otros impactos sobre la tierra asociados con el cambio climático, incluida la erosión, que puede verse acelerada por fenómenos meteorológicos extremos como lluvias torrenciales, sequías, olas de calor y tormentas. (FAO, 2022).

6.4.1 El pH de suelo

El pH del suelo se expresa en unidades de pH. El pH del suelo afecta muchos procesos, incluida la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la actividad microbiana y el desarrollo de las raíces de las plantas. (Sela, 2021).

El pH del suelo es una medida de acidez y alcalinidad de suelos. La escala de pH va de 0 a 14, donde 7 es neutro, por debajo de 7 es ácido y por encima de 7 es básico. El rango de pH óptimo para la mayoría de las plantas está entre 5,5 y 7,0, sin embargo, algunas plantas se han adaptado a valores de pH fuera de este rango (Martínez, 2016).

6.4.2 Salinidad de suelos

La salinidad del suelo es un término utilizado para describir el proceso de acumulación de sal en la capa superior del suelo que es perjudicial para los cultivos que crecen en él, ya sean cultivados o autóctonos. Los principales iones que pueden formar sales son Ca, Na, Mg, K, etc. (Martínez, 2016).

De acuerdo con Martínez (2016) existen algunos factores que pueden acelerar este proceso, de los cuales se pueden destacar:

- a) Riego y drenaje mal hecho;
- b) La destrucción de la vegetación nativa y el uso de fertilizantes mal dosificados;
- c) Mono cultura, llevando la bio-estructura y la posterior salinización
- d) Manejo inadecuado de suelo y agua.

La salinidad es un problema que amenaza la calidad de los suelos agrícolas en todo el mundo. Solo en Latinoamérica, 31.000.000 de hectáreas de tierra sufren problemas de salinidad, siendo México, Perú, Colombia, Ecuador y Chile los más afectados. Este es un factor limitante en la producción de alimentos ya que los cultivos pierden su potencial de rendimiento en estas condiciones.

La salinidad del suelo puede ocurrir por efectos naturales, pero la razón principal es el mal manejo agrícola, tales como: mal manejo del riego, drenaje insuficiente del suelo, aplicación insuficiente de estiércol y otros desechos animales, mal manejo de fertilizantes y uso de aguas residuales (INTAGRI, 2013). La salinidad afecta negativamente el crecimiento de los cultivos porque, en estas condiciones, el potencial de infiltración del suelo supera la capacidad de infiltración del sistema de la planta, lo que limita el acceso del agua a las raíces. Además, la salinidad trae otros problemas, como:

- a) Absorción limitada de los nutrientes.
- b) Afecta el transporte y el reciclaje de iones en las plantas.

- c) Cantidades excesivas de ciertos iones pueden causar envenenamiento de plantas.
- d) Acumulación de Cl, Na y B en distintas partes de las plantas, como las semillas, los tallos y las hojas.
- e) Se producen una serie de modificaciones debido a las variaciones de pH, que afectan a la disponibilidad de los nutrientes.
- f) La presencia en exceso de determinados elementos provoca antagonismos entre nitratos-cloruro, potasio-sodio, calcio-sodio.

Ante este problema global, la evaluación de la fertilidad del suelo es la clave para evitar su deterioro. Este principio se basa en analizar el contenido de nutrientes del suelo y el agua antes de iniciar el cultivo para desarrollar un plan de fertilización que evite la sobre fertilización. Actualmente esta es una práctica optativa en la agricultura, sin embargo, en el futuro pueden promulgarse nuevas leyes de protección de suelos que la hagan obligatoria para los productores, y en otros países ya existen leyes que sancionan a los productores que no hacen cumplir los diagnósticos iniciales de suelos.

6.5 Calidad del Suelo

La calidad del suelo y la salud son conceptos equivalentes y no siempre se consideran sinónimos (Doran & Parkin, 1994). La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito particular durante un amplio marco de tiempo (Carter & Gregorich, 1997). El estado de la dinámica del suelo, como el contenido de materia orgánica, la biodiversidad o la producción microbiana en un momento determinado, constituye la salud del suelo (Romig & Garlynd, 1995). Las preocupaciones sobre la calidad del suelo no son nuevas. En el pasado, el concepto se equiparaba con la productividad agrícola debido a la pequeña diferencia entre la

tierra y el suelo. Las tierras de primera son aquellas que maximizan el rendimiento y minimizan la erosión. Para categorizarlos, se crearon sistemas basados en estas ideas. Esto incluye términos tales como tierras de cultivo de primera calidad. El concepto de calidad del suelo está ligado al concepto de sostenibilidad, pero este último tiene varias implicaciones.

Para (Budd, 2000) es el número de individuos que se pueden mantener en un área determinada, por otro lado, el uso del suelo debe basarse en su capacidad de proporcionar elementos esenciales, ya que estos son limitados y por lo tanto limitan la productividad. La calidad del suelo se ha percibido de varias maneras desde que el concepto se popularizó durante la última década. Este concepto está relacionado con la función del suelo. Incluye atributos como la fertilidad, la productividad potencial, la sostenibilidad y la calidad. Al mismo tiempo, la calidad del suelo es una herramienta para entender la utilidad y salud de este recurso. A pesar de su importancia, la ciencia del suelo no se ha desarrollado lo suficiente como para definir claramente qué significa calidad. El término calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo:

- a) Promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible)
- b) Atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental)
- c) Favorecer la salud de plantas, animales y humanos.

6.7.2 Indicadores de la calidad de Suelo

Cruz et al., (2004), mencionaron que a pesar de las crecientes preocupaciones sobre la degradación del suelo, la disminución de la calidad del

suelo y su impacto en el bienestar humano y el medio ambiente, todavía no existe un estándar universal para evaluar los cambios en la calidad del suelo, es necesario utilizar variables que puedan ser utilizadas para evaluar las condiciones del suelo. Estas variables se denominan indicadores porque representan una condición y transmiten información sobre cambios o tendencias en esa condición. Los indicadores son herramientas analíticas que permiten simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos. Estos indicadores se aplican en muchos dominios del conocimiento (economía, salud, recursos naturales, etc.). Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas.

6.7.3 Indicadores Físicos

Las propiedades físicas del suelo son una parte necesaria para evaluar la calidad de este recurso, ya que no se pueden mejorar fácilmente.

Las propiedades físicas que se pueden utilizar como indicadores de la calidad del suelo (Tabla 2) son aquellas que reflejan cómo el recurso recibe, retiene y entrega agua a las plantas, así como las limitaciones que existen en el crecimiento de las plantas. La emergencia de raíces, plántulas, infiltración o movimiento de agua dentro del perfil también está relacionada con la disposición de partículas y poros. La estructura, la densidad aparente, la estabilidad de los agregados, la infiltración, la profundidad de la capa superior del suelo, la capacidad de almacenamiento de agua y la conductividad hidráulica saturada son propiedades físicas de los suelos que se han propuesto como indicadores de su calidad (Cruz et al., 2004).

6.7.4 Indicadores químicos

Los indicadores químicos propuestos (Tabla 2) se refieren a condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas y microorganismos (Cruz et al., 2004).

Tabla 2 *Indicadores físicos y químicos de la calidad de suelos*

Propiedades	Relación con la condición función del suelo
	Físicas
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos, erosión del suelo.
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces.	Estima la productividad potencial y la erosión.
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad.
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transportabilidad y agresividad; humedad disponible, textura y materia orgánica.
	Químicas
Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión.
Ph	Define la actividad química y biológica.

Propiedades	Relación con la condición función del suelo
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana.
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para las plantas, pérdidas potenciales de nitrógeno, productividad e indicadores de calidad ambiental.

Fuente:(Cruz et al., 2004)

6.7.5 Recuperación de suelos

El tratamiento consiste en residuos vegetales y animales de granja. Algunos nutrientes químicos en el suelo son estables (fósforo), mientras que otros se pierden o consumen fácilmente (nitrógeno). Se requiere una aplicación básica y adecuada de nutrientes para comenzar a mejorar la calidad ambiental del suelo.

6.8 El Biol

6.8.1 Qué es el biol.

Restrepo (2007), afirma que son fertilizantes líquidos con energía y minerales balanceados, fuente natural de acondicionadores de plantas, a base de estiércol, mezclados con agua, y pueden ser enriquecidos con diversas sustancias e ingredientes, fermentados en anaeróbico. sistema durante varios meses.

Rendón (2013), lo define como un fertilizante líquido, que es fuente de fitoreguladores producidos por la descomposición de desechos animales y vegetales en condiciones anaeróbicas, que actúan como pequeñas cantidades de

bioestimulantes orgánicos y son capaces de promover el crecimiento y desarrollo. planta.

6.8.2 Propiedades del Biol

Además de ser fuente de nutrientes (N, P, K, Ca, S), biol también es un regulador del crecimiento vegetal porque contiene fitohormonas que aceleran el crecimiento de las hojas (vigor), inducen la floración y fructificación y aceleran la maduración de los cultivos. (Mamani, 2014).

El uso de algunas especies vegetales con propiedades bactericidas en la producción de bioalcohol también lo convierte en un biopesticida que puede reducir la infestación por ciertas plagas y enfermedades.

Algunas plantas biocidas conocidas son: Ajenjo (*Artemisasp.*), Eucalipto (*Eucalyptusglobulus*), Cúcuta (*Erodiumcicutarum*), Paico (*Chenopodiumambrosoides*), Ortiga (*Erodiumcicutarum*). (MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, CO), 2012).

6.8.3. Verificación de la calidad del Biol

Florian (2007) determina que la mezcla líquida debe tener un olor agradable a jugo de caña de azúcar fermentado sin estropearse, y debe ser de color amarillo. En la superficie, tiende a formar una crema blanca espumosa.

Un olor pútrido y la presencia de un color azul verdoso o morado indican que la fermentación está contaminada y debe desecharse.

6.8.4. Formación del biol

Suquilanda(1996)señaló que para que el digestor funcione bien, se debe prestar atención a la calidad de la materia prima o biomasa, la temperatura de digestión (25.35 °C), la acidez (pH) de alrededor de 7.0 y la degradación del digestor que ocurre cuando el digestor está sellado Condiciones de digestión anaeróbica. Es importante considerar la proporción de materia seca a agua, lo que significa la cantidad de partículas en solución. La cantidad de agua debe proporcionar, alrededor del 90% del contenido total. Tanto el exceso como la falta de agua son perjudiciales. La cantidad de agua varía dependiendo de la materia prima utilizada para la fermentación.

6.8.5. Usos del biol

Tecnología Química y Comercio TQC (2005) propuesta para uso en hortalizas, cultivos anuales, pastos, árboles frutales, plantas ornamentales. Encapsulación: Mezclar 1:1 con pesticidas. Mezclado con fertilizante usar 3 o 4 L d BIOL por hectárea mezclado con solución.

Gomero (2000)sugirió que el biol facilita el enraizamiento (aumenta y fortalece la base de la raíz), actúa sobre las hojas (expande la base de la hoja), promueve la floración y activa el vigor y la germinación de las semillas, todo lo cual se traduce en incrementos importantes en el rendimiento. Debe diluirse en agua para ser utilizado en proporciones que van de 25 a 75porcentaje. Se deben realizar de tres a cinco aplicaciones durante el desarrollo vegetativo de la planta.

Biol también se puede utilizar con agua de riego para distribuir mejor las hormonas y sus precursores contenidos en ella. Esto mejora el desarrollo de las

raíces de las plantas y la actividad de los microorganismos del suelo. Asimismo, las semillas se pueden remojar en una solución de bioalcohol para activar su germinación. El tiempo de remojo depende del tipo de semilla; Se recomiendan de 2 a 6 horas para semillas de hortalizas, de 12 a 24 horas para semillas de gramíneas y de 24 a 72 horas para variedades de piel gruesa y frutales.

6.8.6. Funciones del biol.

Según Grageda et al, (2015) tenemos entre sus diferentes funciones:

- Aumentan la solubilidad de los nutrientes
- Aportan nutrientes esenciales para estimular el crecimiento de las plantas
- Ayuda a fijar el nitrógeno del aire en el suelo
- Interfieren directamente con el crecimiento de las raíces
- Tolerancia mejorada a la sequía, la salinidad y los patógenos

6.8.7. Tipos de biol

Restrepo (2007) menciona en su literatura que la mayoría de los bioles dependen de los insumos que se encuentran en la zona y de cómo se utiliza este fertilizante líquido, los diferentes tipos de bioles son: biol. biocida, biol para suelo y follaje, y biol fertilizante foliar.

Kant (2002) argumentan que el fertilizante foliar biol es el más utilizado por los agricultores porque nutre las plantas a través de las hojas, tiene la mayor cantidad de macro y micronutrientes necesarios para la producción de plantas, acelera el crecimiento de las plantas y mejora y aumenta el rendimiento de las plantas.

6.8.8. Beneficios del biol

Cuando se aplica biol directamente a las plantas, muestran buenos resultados. Fortalece el equilibrio nutricional entre las plantas y el suelo como mecanismo de defensa a través de relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas de ácidos orgánicos, hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas, coenzimas, carbohidratos, azúcares complejos. (Martín, 2003)

"Biol es una fuente de fitorreguladores que, a diferencia de pequeñas cantidades de nutrientes, promueve la actividad fisiológica y estimula el desarrollo de la planta, aumenta y fortalece la base radicular y mayor área foliar" (Cordero, 2010).

Tampere & Viiral (2014) investigaron la eficiencia de digerir biogás en la tierra en comparación con los fertilizantes minerales. Los rendimientos de los pastizales son notables. Esto puede deberse al hecho de que estos fertilizantes ayudan en la renovación de la materia orgánica del suelo. Al comparar los promedios de dos años, el uso de fertilizantes minerales nitrogenados no tuvo un efecto significativo en el rendimiento ya que reportaron que los residuos de biogás son tan buenos como los fertilizantes de origen inorgánico para aumentar los rendimientos.

Berova et al.(2010), concluyeron que el efecto positivo de los biofertilizantes en la actividad funcional de los órganos fotosintéticos se expresa a través de un mayor contenido de pigmentos fotosintéticos y mejores parámetros de intercambio de gases en las hojas.

6.9. Sostenibilidad y Ambiente Sano en el Ecuador

En la Constitución de la República del Ecuador, sección segunda el Art. 14; Al respecto, la investigación se sustenta en este artículo, ya que se pretende mejorar la calidad ambiental de suelos tratados con biol, con el objetivo de contribuir a la protección del ambiente y al buen vivir de la población, ya que la ingeniería ambiental contribuye a diario con elementos indispensables para garantizar el ambiente sano que se necesita para el desarrollo colectivo, derecho garantizado en la carta magna en su artículo 14.

Art. 15. “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto [...] así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional” (Constitución, 2008). Desde este contexto, bajo el artículo 15, se busca minimizar los residuos sólidos y líquidos que son generados en el proceso de tratamiento de suelos, a través de la utilización de la tecnología BIOL, con el objetivo de proteger el ambiente.

En la Sección Cuarta de los Recursos Naturales, el Art. 409; Hablar sobre la conservación del suelo y el agua es de gran importancia para el público y es una prioridad para el país. El gobierno promulgará leyes para proteger y utilizar de forma sostenible los suelos fértiles y evitar su degradación (especialmente a través de la contaminación, la erosión y la desertificación). En áreas donde el suelo esté degradado o desertificado, el gobierno fomentará la siembra de árboles, la reforestación y la vegetación con plantas nativas adecuadas para el área. De acuerdo con la Sección 409, esta investigación se basa en la necesidad de proteger los suelos,

especialmente sus capas fértiles, de la degradación causada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

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, 2008). Desde este punto de vista, se busca la protección de los suelos fértiles, considerados como un recurso natural no renovable, el cual debe ser tratado con cuidado para no agotarlo y así poder mantener la productividad en el tiempo.

6.9.1 La FAO, La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

En el Art. 116; Se prohíbe la producción, importación, comercialización y uso de plaguicidas, fungicidas y otras sustancias químicas, vetadas por las normas sanitarias nacionales e internacionales, así como su aceptación y uso en calidad de donaciones (FAO, 2020). Este artículo sustenta la investigación por que se toman en cuenta las sustancias químicas que pueden estar presentes en el suelo y que puedan ser perjudiciales para la salud y por lo tanto es necesario el análisis de la calidad ambiental del suelo, así como también la elaboración de producto que mejoren la calidad del ambiente como tal.

6.9.2 El Código Orgánico del Ambiente

El artículo 9 expresa los principios ambientales más importantes, incluida la responsabilidad de cualquier persona involucrada en causar daños al medio ambiente en todas las etapas de sus actividades, incluso si los desechos se eliminan

de manera segura. Utilizar energía y tecnología limpia y libre de contaminación. Implementar las mejores prácticas ambientales en la producción, distribución y consumo de productos y servicios para limitar la contaminación y conservar los recursos naturales. (COA, 2017).

6.9.3 Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados

Esta norma técnica ambiental se emite al amparo de la “Ley de Gestión Ambiental” y del “Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental”, de acuerdo con su reglamento es de cumplimiento obligatorio y aplicable en todo el país.

El propósito de esta norma es prevenir y controlar la contaminación ambiental relacionada con los recursos naturales del suelo. El objetivo principal de esta norma es proteger o preservar la calidad de los recursos naturales del suelo para proteger y mantener la integridad de las personas, los ecosistemas y sus interrelaciones, y el medio ambiente en su conjunto. Las acciones encaminadas a la protección, conservación o restauración de la calidad del suelo deberán realizarse en los términos de la presente norma técnica ambiental.

Al respecto, se ha considerado, la tabla 3 del Anexo 2 del libro VI del TULSMA, en base a los parámetros que fueron analizados.

Tabla 3 Anexo 2 TULSMA Tabla 3

Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	USO DEL SUELO			
		Agrícola	Residencial	Comercial	Industrial
Parámetros Generales					
	mmhos/c				
Conductividad	m.	2	2	4	4
pH		6 a 8	6 a 8	6 a 8	6 a 8
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	2	-	-	-
Cadmio	mg/kg	2	5	10	10
Azufre (elemental)	mg/kg				
Molibdeno	mg/kg	500	-	-	-
Pesticidas	mg/kg	0.1	0.1	0.1	0.1

Fuente: Anexo 2 MAE

Elaborado por: Medina & Ushco (2022)

Dicha norma sustenta la investigación, ya que al estudiar el impacto ambiental de una sustancia en el suelo se debe cumplir con ciertos criterios de calidad. En este caso, se pretende medir el impacto ambiental de la aplicación de un tratamiento con Biol en suelos, y se espera que el impacto sea positivo.

6. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Hipótesis generales:

Hipótesis alternativa:La aplicación del tratamiento con biol a la parcela, mejora la calidad del suelo.

Hipótesis nula:La aplicación del tratamiento con biol a la parcela, no mejora la calidad del suelo.

7.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

- **Variable dependiente:** calidad del suelo.
- **Variable independiente:** tratamiento con biol.

Tabla 4 Operacionalización de variables

DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO			
Parámetro	Unidad de medida	Instrumento técnico	Técnica
pH	-	pHmetro o pH-índice	Medición
NT	Ppm	Kjeldahl	Medición
P	Ppm	Bray Kurtz	Medición
S	Ppm	Determinación gravimétrica	Medición
B	Ppm	Azometina-H	Medición
Zn	Ppm	Espectrofotometría de Absorción Atómica (AES)	Medición
Cu	Ppm	Determinación volumétrica	Medición
Fe	Ppm	Determinación volumétrica	Medición
Mn	Ppm	Determinación volumétrica	Medición
K	meq/100g	Kjeldahl	Medición
Ca	meq/100g	Método colorimétrico	Medición
C.E	-	Conductímetro	
Mg	meq/100g	Método colorimétrico	Medición
M. Orgánica	%	Métodos volumétricos, gravimétricos y colorimétricos	Medición
Textura	-	Volumen de sedimentación Método de la pipeta Método Bouyucos	Medición

DETERMINAR LAS PROPIEDADES BIOFISICAS			
Parámetro	Unidad de medida	Instrumento técnico	Técnica
Temperatura	°C	Termohigrómetro digital	Medición
Humedad Relativa	%	Termohigrómetro digital	Medición
DESARROLLO DE LA ESPECIE			
Parámetro	Unidad de medida	Instrumento técnico	Técnica
Altura de la Planta	Cm	Flexómetro	Medición

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

7. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

8.1 Enfoque de la investigación

Se utilizó un enfoque cualitativo ya que se trata de explorar el impacto de un tratamiento en el medio ambiente. Se espera que este estudio proporcione una perspectiva útil sobre cómo el tratamiento de biol puede mejorar la calidad de un sitio y cuantitativo porque se medirán variables como la cantidad de biol en el suelo, el pH del suelo, la capacidad de retención de agua del suelo y otras características de suma importancia ambiental. La investigación se enfocará en el análisis de la calidad de los suelos tratados con biol para su recuperación y protección generando un espacio adecuado para el desarrollo arbustivo.

8.2 Ubicación

Lugar de estudio:

Campus experimental CEASA, Universidad Técnica de Cotopaxi.

Lugar territorial:

Provincia: Cotopaxi.

Cantón: Latacunga.

Parroquia: Eloy Alfaro.

Barrio: Salache.

Proyecto: Machu Picchu.

8.2.1 Coordenadas geográficas

Zona: 17 sur.

Coordenada X: 764249

Coordenada Y: 9889461

Altura: 2734 msnm.

8.3 Condiciones ambientales

El área de estudio presentó una temperatura media de 12°C en los meses de estudio de acuerdo con los datos de la estación meteorológica de Salache UTC (M1235) en convenio con el INAMHI.

8.4 Preparación del Biol

Para la elaboración del Biol se necesitan los siguientes materiales:

- 1) Un recipiente para el biol
- 2) Un dispensador de agua
- 3) Una manguera
- 4) Un filtro
- 5) Un embudo
- 6) Una botella
- 7) Una válvula
- 8) Un mezclador

8.4.1 Materia prima

Tabla 5 *Ingredientes del Biol*

Ingrediente	Contenido
Estiércol de porcino	20 Kg
Panela	1 Kg
Levadura granulada	100 g
Residuos de cocina	2.5 Kg

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

Y se realiza el siguiente procedimiento:

Recolección de materia prima: La materia prima que se usará para la elaboración del biol será el estiércol de cerdo, la panela y los residuos de cocina. El estiércol de cerdo se recolectará en el corral, la panela se comprará en el mercado y los residuos de cocina se recolectarán en la cocina.

Secado de la materia prima: La materia prima se secará al sol durante 3 días.

Diluir levadura y panela: La levadura se diluirá en agua tibia.

Colocar todo en un recipiente: Una vez que toda la materia prima esté seca, se colocará en un recipiente junto con la levadura y panela diluida. Se agregará materia orgánica al recipiente.

Y finalmente colocar agua: Por último, se agregará agua al recipiente hasta que toda la materia prima esté cubierta.

Se recomienda aplicarlo en el suelo antes de la siembra o el trasplante.

8.5 Tipos de investigación

8.5.1 Investigación Bibliográfica

Se aplicó para el análisis de la información que se recopiló a lo largo de la investigación con ayuda de fuentes bibliográficas, facilitando de esta manera la fundamentación teórica que analizó el problema de investigación y que generó conocimientos requeridos para la elaboración del proyecto de investigación.

8.5.2 Investigación Descriptiva

Se utilizó este tipo de método para la obtención de conocimientos por medio de la descripción de la calidad de suelo en el área de estudio.

8.5.3 Criterio de expertos

Para el análisis de las diferentes metodologías, se consideró la ayuda de los Ingenieros, Ing. José Agreda, Ing. Marco Rivera, Lic. Javier Irazabaly el Ing. Vladimir Ortiz, quienes cuentan con amplios conocimientos sobre las distintas metodologías de aplicación de tratamientos, además de guiarnos la investigación para analizar la mejor metodología para la implementación de materia orgánica para la mejorar la calidad de suelos.

8.5.5 Técnicas

Para el presente proyecto se utilizó la siguiente técnica:

8.6 Técnica de Investigación Bibliográfica

Por medio de esta técnica se obtuvo información de material bibliográfico de acuerdo con la investigación elaborada. Dentro de la investigación fue muy importante este tipo de técnica, incluye información adecuada y confiable.

8.7 Diseño Experimental

La terraza de banco tiene un promedio de 10 metros de largo por 1 metro de ancho, por lo tanto, nuestra unidad experimental quedaría de 2 metros de largo por cada bloque y 1 metro de ancho.

Figura 1 *Diseño de bloques en campo*

R3	T1	T3	T5	T2	T4
R1	T3	T1	T5	T4	T2
R2	T4	T2	T3	T1	T5

T5= Testigo

Antes de realizar las aplicaciones y evaluaciones se distribuyó el área de manera aleatoria según el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 5tratamientos y 3 repeticiones, siendo el T5 es el testigo, como se muestra en la figura 1, cada tratamiento se sitúa en un bloque. Es necesario replicar la aplicación con las mismas dosis para constatar que realmente funciona el biol y obtener resultados más verídicos.

Tabla 6 *Esquema de ADEVA*

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	11
Tratamientos	3
Repeticiones	2
Error experimental	6

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

Para determinar significación en el estudio se realizarán pruebas de Tukey al 5% como Test de comparación por bloques en caso de existir diferencias significativas.

8.7.1 *Determinación de dosis por tratamiento*

Una vez dividida el área de estudio, se procedió a aplicar el tratamiento de modo que el suelo puede tomar nutrientes de una manera más efectiva. Para ello se realizó una aplicación por mes en el suelo con cuatro diferentes dosis en cada

tratamiento, estos serían denominados: T1; T2; T3 y T4. En cuanto al testigo, este se denominará T5.

Tabla 7 *Tratamientos aplicados al suelo, con sus diferentes dosificaciones.*

Tratamientos	Biol (Kg) + Agua (L)
T1	1Kg + 5L
T2	1.5Kg + 5L
T3	2Kg + 5L
T4	2.5Kg+5L
T5	Sin tratamiento

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

8.8 Metodología de campo

La metodología de campo se usó para la toma de datos en el sitio, como la toma de muestras de suelo, la medición de variables ambientales y la aplicación de tratamientos. Se requieren las siguientes tareas:

1. Tomar muestras de suelo en diferentes puntos del proyecto Machu Picchu.
2. Medir la temperatura, humedad y pH del suelo.
3. Analizar las muestras de suelo en un laboratorio.
4. Aplicar los tratamientos seleccionados.
5. Evaluar los resultados de la aplicación de los tratamientos.

8.8.1 Muestreo de suelo

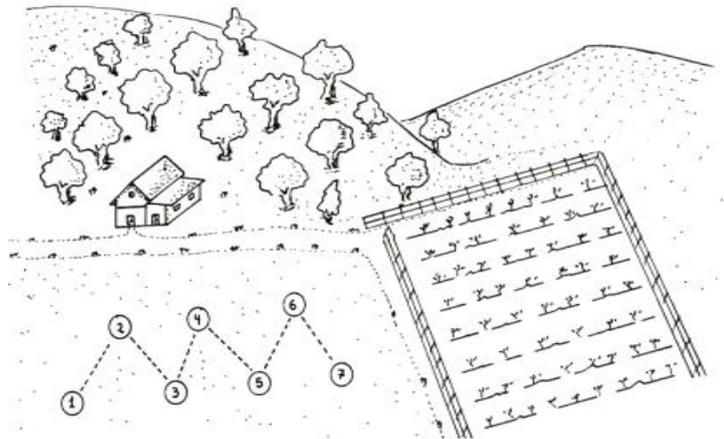
El muestreo de suelo se realizó con el objetivo de evaluar la calidad del suelo y las labores de conservación aplicadas, así como los cambios en la composición física, química del suelo.

8.8.2 Procedimiento

El procedimiento del muestreo se llevó a cabo según la guía metodológica de AGROCALIDAD en donde se describe lo siguiente:

- El muestreo del suelo se puede realizar en cualquier época del año. La única precaución es no tomar muestras durante un mes después de la última fertilización superficial.
- Al realizar el muestreo, limpiar la superficie del suelo a muestrear, tomar de 20 a 25 submuestras en cada área de no más de 5 hectáreas (unidad de muestreo), formando un recorrido tortuoso o en zig-zag que abarque todo el terreno.

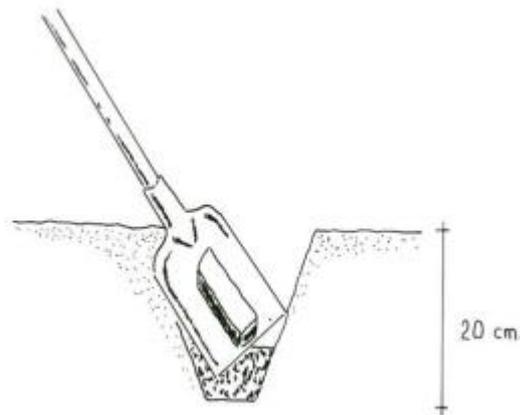
Figura 2 Muestreo en zig-zag



Fuente: AGROCALIDAD (2018)

- Cavar un hoyo a la profundidad apropiada, con paredes inclinadas (corte en V)

Figura 3 Muestra de suelo con corte en V



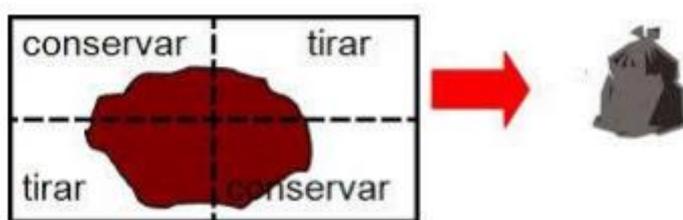
Fuente: AGROCALIDAD (2018)

- De una pared del hoyo, tome un trozo de tierra de 5 cm de espesor.

- Usar un cuchillo para quitar los extremos laterales del bloque de tierra, dejando láminas de 5 cm de ancho.
- Colocar la submuestra en un balde de plástico y homogeneizar.
- Extender las submuestras sobre una lona sobre una superficie nivelada y limpia para despiece hasta obtener una muestra representativa de aproximadamente 1 kg.

La medida de estas condiciones se realiza colocando el sensor del equipo en el suelo, de tal manera que éste quede dentro a una profundidad de 2 centímetros, inmediatamente los datos se registran en la pantalla del equipo y cada dato será registrado para evaluarlos en función del tiempo. De tal modo que estos valores son tomados en diferentes evaluaciones de distintos días que.

Figura 4. *Proceso de cuarteo*



Fuente: AGROCALIDAD (2018)

- Las muestras recolectadas se colocarán en bolsas de plástico completamente selladas para evitar la pérdida de humedad. El tiempo entre la recolección de la muestra y el envío al laboratorio no debe exceder los 15 días.

8.9 Análisis de Datos

8.9.1 Medida de condiciones externas

En esta prueba las condiciones externas del estudio como la temperatura y la humedad relativa del suelo, fueron medidas con un termohigrómetro digital con sensor externo TAYLOR de modelo 1523. La medida de estas condiciones se realizó colocando el sensor del equipo en el suelo, de tal manera que éste quede dentro a una profundidad de 2 centímetros, inmediatamente los datos se registran en la pantalla del equipo y cada dato será registrado para evaluarlos en función del tiempo. De tal modo que estos valores son tomados en diferentes evaluaciones de distintos días que. Como se puede visualizar en la figura 5.

Figura 5 Ejemplo de registro de temperatura y humedad relativa del suelo.



Fuente: Medina & Ushco (2022)

8.9.2 índice de la calidad de suelo

Una vez analizadas las muestras de suelo se procedió a realizar el cálculo para analizar la significancia de la calidad de suelo.

El ISQ se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{ISQ} = [(\% \text{MO} - \% \text{A}) * (\% \text{S} - \% \text{C}) * (\% \text{pH} - \% \text{CE}) * (100 - \% \text{T})] / 100$$

Donde:

%MO: Porcentaje de materia orgánica en el suelo

%A: Porcentaje de arcilla en el suelo

%S: Porcentaje de arena en el suelo

%C: Porcentaje de limo en el suelo

%pH: pH del suelo

%CE: Conductividad eléctrica del suelo

%T: Temperatura del suelo

8.9.2 Calculo del RAS

Se procedió a calcular la salinidad de suelos, con la siguiente formula:

$$RAS = \frac{Na^+}{\frac{\sqrt{Ca^2 + Mg^2}}{2}}$$

8.9.3 Variable altura

Los datos obtenidos en campo se analizaron mediante el método de estadística descriptiva, con el fin de encontrar la desviación estándar de la variable altura. Para determinar las diferencias entre las muestras se usó el ADEVA y la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

9.1 Medición de los parámetros biofísicos

En este apartado se tomó en cuenta factores como el pH, temperatura, humedad relativa y conductividad eléctrica ya que son los parámetros que más se modifican en el ambiente. Dentro de este proyecto de investigación, estos parámetros fueron medidos durante 4 meses, con el propósito de analizar la incidencia que causan en la calidad del suelo, los resultados fueron promediados y expuestos en la siguiente tabla:

Tabla 8 Medición de factores biofísicos del suelo.

Factor	Mes			
	Abril	Mayo	Junio	Julio
pH	9,54	9,09	8,54	8,26
Temperatura (C°)	25	28	32	30
Humedad Relativa (%)	99,2	88,3	92,7	99,8
Conductividad eléctrica (mS/cm)	2,12	1,71	1,95	2,15

Elaborado por: Medina & Ushco (2022)

En la tabla 8 se puede observar que el pH del suelo redujo en un rango de 9,54 a 8,26; mientras que la temperatura y la conductividad eléctrica presentaron cambios considerables, afectando la estabilidad del pH. La conductividad eléctrica estuvo en un rango de 1,71 a 2,15 mS/cm, lo cual es un valor alto; sin embargo, esto es normal en suelos arcillosos. La temperatura del suelo estuvo entre 25 y 32 °C, lo cual es un valor típico de temperatura ambiente.

La humedad relativa del suelo estuvo en un rango de 88,3% a 99,8%, lo cual es un valor alto; sin embargo, esto es normal en suelos arcillosos. Mientras que, para un suelo franco arenoso, estos valores serían más bajos.

Cabe mencionar que, de acuerdo con Rodríguez, (2018) el pH en el suelo indica la capacidad de éste para reaccionar químicamente, por lo que un valor bajo de pH indicará que el suelo es más ácido, mientras que un valor alto indicará que el suelo es más básico. Los valores de pH del suelo típicamente varían entre 3 y 9, y el valor medio es de 6. Los suelos ácidos son más comunes en climas templados y fríos, mientras que los suelos alcalinos son más comunes en climas cálidos y áridos. La conductividad eléctrica del suelo es una medida de la capacidad del suelo para conducir la electricidad, y está relacionada con la cantidad de sales presentes en el suelo. Los valores típicos de conductividad eléctrica del suelo varían entre 0,5 y 4 mS/cm. La conductividad eléctrica del suelo es una medida útil de la fertilidad del suelo, ya que los suelos más fértiles tienen una mayor cantidad de sales minerales.

La temperatura del suelo es una medida de la cantidad de calor que se produce en el suelo. La temperatura del suelo está influenciada por la temperatura ambiente, la cantidad de agua presente en el suelo, la cantidad de materia orgánica presente en el suelo, y la cantidad de sales presentes en el suelo. La temperatura del suelo típicamente varía entre 0 y 40 °C.

La humedad relativa del suelo es una medida de la cantidad de agua presente en el suelo. La humedad relativa del suelo está influenciada por la cantidad de agua presente en el aire, la cantidad de materia orgánica presente en el suelo, y la cantidad

de sales presentes en el suelo. La humedad relativa del suelo típicamente varía entre 40 y 60%.

9.2 Resultados de las muestras analizadas

Según los resultados de la tabla 9, los análisis de suelo muestran una mejora en la calidad del suelo tratado con BIOL, en comparación con el suelo sin tratamiento. Se observa un aumento en los niveles de nutrientes, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, así como un aumento en la materia orgánica del suelo. La textura del suelo también se ha mejorado, lo que indica un aumento en la cantidad de arena y una disminución en la cantidad de arcilla.

Tabla 9 Resultados del análisis de las muestras de suelo.

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA				
	DE MEDIDA	TESTIGO	D1	D2	D3	D4
pH	-	9,54	8,28	8,26	8,29	8,42
NT	Ppm	6,7	85	105	77	94
P	Ppm	25	337	371	336	330
S	Ppm	7,8	49,1	166,3	115,1	110,6
B	Ppm	1,87	2,13	3,15	2,69	2,69
Zn	Ppm	1,4	33,1	51,7	33,4	33,7
Cu	Ppm	3,7	14,3	25,7	19,2	19,1
Fe	Ppm	6,8	14	25	17	15
Mn	Ppm	2,3	50,2	74,8	48,9	45,5

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA				
	DE MEDIDA	TESTIGO	D1	D2	D3	D4
K	meq/100g	2,3	6,21	9,84	9,12	9,12
Ca	meq/100g	18,19	18,91	18,98	19,95	19,95
Mg	meq/100g	2,48	6,56	9,04	6,1	6,1
M. Orgánica	-	0,23	2,55	3,4	2,1	1,7
	Arena	51	55	45	51	57
	Limo	37	35	39	37	35
Textura	Arcilla	13	10	16	12	8
			Franco-			Franco-
	Clase textural	Franco	Arenoso	Franco	Franco	Arenoso

Elaborado por: Medina & Ushco (2022)

Al revisar la tabla 9, se observa un aumento en los niveles de zinc, cobre y hierro en el suelo tratado con BIOL, lo que indica una mejora en la calidad del suelo, lo que se puede traducir en una mejora para la condición natural del suelo.

Según Balzar (2017) La importancia de la materia orgánica en el suelo radica en que mejora la capacidad de intercambio catiónico, aumentando la capacidad de retención de nutrientes y agua, reduce la erosión del suelo, mejora la estabilidad del suelo y la estructura del suelo, aumenta la actividad biológica en el suelo, mejora la capacidad de retención de agua en el suelo y aumenta la capacidad de almacenamiento de carbono en el suelo.

Por lo tanto, el aumento de la materia orgánica en el suelo tratado con BIOL puede tener un impacto positivo en la calidad del suelo y en la capacidad del suelo para almacenar nutrientes y agua. Con respecto a los otros nutrientes, el aumento en los niveles de zinc, cobre y hierro en el suelo tratado con BIOL puede mejorar la fertilidad del suelo y también puede tener un efecto positivo en la actividad biológica del suelo.

Índice de la calidad del suelo

El Índice de Calidad de Suelo (ISQ) es un índice usado para medir la calidad del suelo. El ISQ se calcula utilizando una serie de parámetros, incluyendo la materia orgánica, la textura del suelo, el pH, la capacidad de intercambio catiónico y la conductividad eléctrica.

Tabla 10 *Resultados del ISQ.*

	Sin tratamiento	Tratado con BIOL
ISQ	52,5	62,5

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

Como se puede ver en la tabla 10, el ISQ del suelo tratado con BIOL es significativamente mayor que el ISQ del suelo sin tratamiento, lo que indica una mejora significativa en la calidad del suelo tratado con BIOL.

Tal y como menciona Fernández (2014), el ISQ incide en la capacidad productiva del suelo, es decir, en la capacidad del suelo para proporcionar un hábitat adecuado para la vida vegetal y animal, y para almacenar y purificar el agua. Por lo tanto, el aumento del ISQ del suelo tratado con BIOL puede tener un impacto

positivo en la capacidad productiva del suelo y en su capacidad para almacenar y purificar el agua. Sin embargo, se necesitan más estudios para confirmar este efecto.

Dentro de estos resultados, se puede mencionar que el suelo tratado con BIOL presenta una mejora significativa en la calidad del suelo, en comparación con el suelo sin tratamiento. Esto se puede atribuir a los efectos positivos del tratamiento con BIOL en la materia orgánica, la textura del suelo, el pH, la conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

Tabla 11 *Valoración del estado del suelo mediante el índice de calidad de suelo.*

ISQ	Estado del suelo
< 40	Malo
40 – 60	Regular
60 – 80	Bueno
80 – 100	Excelente

Elaborado por: Medina & Ushco (2022)

Según la tabla 11, el estado del suelo tratado con BIOL es bueno, mientras que el estado del suelo sin tratamiento es regular. Esto indica que el tratamiento con BIOL ha mejorado significativamente la calidad del suelo.

Relación de adsorción de sodio (RAS)

Tabla 12 *Cálculo RAS*

Parámetro	Testigo	D1	D2	D3	D4
Nameq/100g	8,7	8,1	8,7	8,6	8,7
Ca meq/100g	18,2	18,9	18,9	19,9	19,9
Mg meq/100g	2,5	6,6	9,0	6,1	6,1
K meq/100g	2,3	6,2	9,8	9,1	9,1
RAS	-	0,11	0,09	0,09	0,08

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

El cálculo de la RAS se realizó utilizando el método de (Cañaveras et al., 1999), donde $RAS < 0,15$ es un suelo no susceptible a la salinización, $0,15 < RAS < 0,40$ es un suelo moderadamente susceptible y $RAS > 0,40$ es un suelo altamente susceptible. De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 10, todas las muestras de suelo son no susceptibles a la salinización. De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de suelo, se puede concluir que el tratamiento de suelos con Biol ha mejorado la calidad del suelo, ya que se ha incrementado el contenido de nutrientes y la materia orgánica, y se ha reducido el contenido de sal.

9. Resultados de la aplicación de dosis

Se procedió a evaluar el crecimiento de las plantas en las diferentes dosis aplicadas en el suelo.

Se realizaron dos aplicaciones por mes, las evaluaciones tuvieron una duración de 3 meses.

10.1 Análisis de varianza para la variable “altura de planta”

Tabla 13 Análisis de varianza Evaluación 1

Variable	<i>N</i>	$\underline{R^2}$	$\underline{R^2}$	<i>Aj</i>	<i>CV</i>
Evaluación	1	15	0,96	0,92	5,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	479,67	6	79,94	29,74	<0,0001
Rep	36,37	2	18,18	6,76	0,0191
Trat	443,3	4	110,83	41,22	<0,0001
Error	21,51	8	2,69		
Total	501,18	14			

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

Tabla 14 Evaluación de Tukey Evaluación 1

Test:Tukey					
Alfa=0,05					
DMS=4,62520					
Error: 2,6886 gl: 8					
Trat	Medias	n	E.E		
4	39,45	3	0,95	A	
1	33,94	3	0,95	B	
3	32,41	3	0,95	B	
2	30,58	3	0,95	B	
5	22,70	3	0,95	C	

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

Tabla 15 Análisis de varianza Evaluación 2

Variable	<i>N</i>	$\underline{R^2}$	$\underline{R^2}$	<i>Aj</i>	<i>CV</i>
Evaluación	2	15	1	0,55	1,2

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	459,68	6	76,61	372,66	<0,0001
Rep	11,58	2	5,79	28,16	0,0002
Trat	448,1	4	112,03	544,91	<0,0001
Error	1,64	8	0,21		
Total	461,32	14			

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

Tabla 16 Evaluación de Tukey Evaluación 2

Test:Tukey		Alfa=0,05	DMS=1,27899		
<i>Error: 0,2056gl: 8</i>					
Trat	Medias	n	E.E		
4	48,33	3	0,26	A	
1	37,27	3	0,26	B	
3	36,00	3	0,26	B	
2	33,93	3	0,26	B	
5	33,33	3	0,26	C	

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

Tabla 17 Análisis de varianza Evaluación 3

Variable	N	R²	R²	Aj	CV
Evaluación	3	15	0,99	0,99	3,8

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4564,39	6	760,73	187,42	<0,0001
Rep	29,38	2	14,69	3,62	0,0759
Trat	4535,01	4	1133,75	279,31	<0,0001
Error	32,47	8	4,06		
Total	4596,86	14			

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

Tabla 18 Evaluación de Tukey Evaluación 3

Test:Tukey		Alfa=0,05	DMS=1,27899		
<i>Error: 4,0591gl: 8</i>					
Trat	Medias	n	E.E		
4	85,19	3	1,16	A	
1	57,25	3	1,16	B	
3	44,02	3	1,16	C	
2	41,90	3	1,16	C D	
5	37,07	3	1,16	D	

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

Al analizar cada una de las evaluaciones se pudo identificar una significancia

estadística, además se comprobó que el tratamiento 4 tiene mejor comportamiento en cada una de las evaluaciones y repeticiones, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Según el autor Molina(2017), el valor de p tiene relación con la fiabilidad del estudio, cuyo resultado será más fiable cuanto menor sea la p: en realidad, el valor de p indicaría la probabilidad de obtener un valor semejante si se realiza el experimento en las mismas condiciones.

10.2 Análisis comparativo de la eficiencia

Tabla 19 *Eficiencia de los tratamientos aplicados*

TRATAMIENTOS	1 EVA	2 EVA	3 EVA	PROMEDIO
T1	33,94	37,27	57,25	42,82%
T2	30,58	33,93	41,90	35,47%
T3	32,41	36,00	44,02	37,48%
T4	39,45	48,33	85,19	57,66%

Elaborado por: Medina & Ushco (2022)

De acuerdo con los resultados de la tabla 19, el tratamiento T4 (biol) fue el más eficaz en términos de promedio de eficiencia de los tratamientos aplicados. Esto puede deberse a la capacidad de biol de mejorar la calidad del suelo y la fertilidad, al proporcionar una dosis de 2.5 k+5L, se cree que la cantidad de nutrientes que aportó al suelo fue la más adecuada.

Al obtener los resultados de cada dosis aplicada, se concluye que la que obtuvo mejores resultados fue T4, por lo que es conveniente realizar un análisis comparativo entre la muestra sin tratamiento y la tercera dosis del biol.

Tabla 20 *Cálculo de la eficiencia*

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MUESTRA		
		SIN TRATAMIENTO	T4	%Eficiencia
pH	-	9,54	8,42	11,74
NT	ppm	6,7	94	13,02
P	ppm	25	330	12,20
S	ppm	7,8	110,6	13,18
B	ppm	1,87	2,69	44,00
Zn	ppm	1,4	33,7	23,07
Cu	ppm	3,7	19,1	41,60
Fe	ppm	6,8	15	12,10
Mn	ppm	2,3	45,5	18,78
K	meq/100g	2,3	9,12	29,70
Ca	meq/100g	18,19	19,95	10,00
Mg	meq/100g	2,48	6,1	14,60
M. Orgánica	-	0,23	1,7	63,90

Elaborado por: Medina & Ushco (2022)

Según la tabla 20, al verificar, que el tratamiento es efectivo para la recuperación del suelo, se acepta la hipótesis alternativa, rechazando la hipótesis nula.

10. Análisis comparativo entre Bioles

Tabla 21 Comparación entre bioles

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MUESTRA		
		Biol Dosis 4	FertiBiol	%Eficiencia
pH	-	8,42	7,2	14,49%
NT	ppm	94	0,38	99,60%
P	ppm	330	51	84,55%
S	ppm	110,6	12	89,15%
Zn	ppm	2,69	10,5	-29,33%
Cu	ppm	33,7	16	52,52%
Fe	ppm	19,1	63	-22,84%
Mn	ppm	15	10	33,33%
K	meq/100g	45,5	0,90	98,02%
Ca	meq/100g	9,12	12,82	-40,57%
Mg	meq/100g	19,95	3,86	80,65%
M. Orgánica	-	6,1	6,15	-0,82%

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

La calidad de los suelos tratados con Biol es significativamente mejor que la de los suelos tratados con FertiBiol. El pH es ligeramente más alto en el tratamiento con Biol, pero el resto de los parámetros (NT, P, S, Zn, Cu, Fe, Mn, K, Ca y Mg) son significativamente mejores en el tratamiento con Biol. La materia orgánica es ligeramente menor en el tratamiento con Biol, pero aun así es un

tratamiento más efectivo. Se puede inferir que el biol elaborado es mucho mejor demostrando eficiencias de hasta el 98% sobre el Fertibiol.

Después obtener la eficacia de cada dosis en el tratamiento, es preciso mencionar que el biol y sus componentes aportan ciertas cualidades al suelo por lo que (López, 2017) comenta alguna de estas bondades que se detallan a continuación:

Materia Orgánica. - Mejora la capacidad de intercambio catiónico, aumenta la capacidad de retención de agua y mejora la actividad microbiana del suelo.

Nitrógeno. - Mejora la fertilidad del suelo, aumenta la tasa de crecimiento y promueve la producción de biomasa. En los suelos del área experimenta el nivel de nitrógeno es bajo. La razón de esto es que el suelo no tiene materia orgánica en descomposición, lo que generalmente conduce a altos niveles de nitrógeno. Sin embargo, incluso en estas condiciones, las bacterias del suelo que oxidan los compuestos orgánicos siguen activas. Esto permite la asimilación inmediata de nitrógeno en las plantas que crecen en estos suelos, como las que se encuentran en el suelo Salache. La incorporación de materia orgánica aumenta los niveles de nitrógeno de otros tratamientos mucho mejor que el nitrógeno solo. Debido a esto, el tratamiento sin nitrógeno es significativamente menor.

Fósforo. - Mejora la capacidad de fijación de fosfatos. El suelo de CEASA es extremadamente seco y carece de humedad. Los niveles de pH del suelo entre 5,5 y 7 son ideales para la solubilidad del fósforo. Cuando el suelo está bien hidratado, es más fácil para las plantas acceder al fósforo. Además, agregar materia

orgánica al suelo de CEASA conduce a una mala solubilidad del ácido fosfórico agregado.

Potasio. - Aumenta el contenido de nutrientes en el suelo. El potasio disponible es el potasio que se encuentra en las soluciones del suelo, mientras que el potasio es retenido alternativamente por la materia orgánica y las arcillas del suelo.

Calcio. - Mejora la capacidad de intercambio catiónico, la acidez y la fertilidad del suelo. La mayoría de los suelos deficientes en calcio son ácidos, en este caso, si el suelo es alcalino, se sabe que el contenido de calcio es alto, lo que es uno de los factores más importantes que conducen a un aumento del contenido de calcio del suelo. CEASA, además, la aplicación del biol ayuda a que el nivel de calcio se eleve debido a esto, la concentración de calcio en la solución del suelo es el factor dominante en la determinación de la concentración de fósforo en el suelo.

Magnesio. - Mejora la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y promueve la actividad microbiana del suelo. El magnesio se absorbe en la solución del suelo y se une a las partículas de arcilla y la materia orgánica. Debido a que es más bajo en las soluciones del suelo, los niveles de magnesio son más bajos que los niveles de calcio en el suelo CEASA. Sin embargo, sus niveles solo han disminuido ligeramente.

Hierro. - Mejora la aireación del suelo y la drenabilidad. Los niveles bajos de MO pueden afectar el agotamiento del hierro. Tres factores en el suelo de

CEASA son el pH, el calcio y el fósforo. Estos tres elementos están presentes debido a la materia orgánica en el suelo, el exceso de fósforo o un pH alto.

Manganeso. - Mejora el color y la textura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y promueve la actividad microbiana del suelo. Los suelos de CEASA contienen bajos niveles de fósforo, lo que obstruye la absorción del manganeso.

Zinc. - Mejora la actividad microbiana y la mineralización de la materia orgánica. La cantidad de zinc en el suelo es completamente soluble independientemente del contenido total en el suelo. Esto significa que el nutriente disponible para las plantas está indicado por algo diferente al contenido total de zinc en el suelo. Además de su conexión con los rendimientos de los cultivos, está estrechamente relacionado con ellos.

Cobre. - Cataliza la formación de humus. En el suelo del CEASA el nivel de cobre es muy bajo.

Azufre. - Aumenta la actividad microbiana y ayuda a la formación de compuestos sulfúricos en el suelo, que mejoran la fertilidad y la capacidad de retención de agua. Hay muchas razones para la disminución de los niveles de azufre. Esto es similar al caso de los fertilizantes de mayor pureza que contienen poco o nada de azufre como impureza en la materia orgánica. Esto se debe al uso de métodos de labranza de conservación, que es similar a aplicar Biol al suelo CEASA que contiene 33,4% de azufre.

Bajo las observaciones realizadas en campo y la relación de los aportes con la eficacia del tratamiento, se puede inferir que el aspecto del suelo tras 15 días de tratamiento es muy satisfactorio, pues se pudo observar un aumento en la capacidad de retención de agua y una mejoría en la conductividad eléctrica tras los análisis de laboratorio, lo cual es un factor muy positivo para poder utilizar el suelo, según las necesidades del Campus.

CONCLUSIONES

- Se pudo identificar los parámetros biofísicos mediante la investigación de campo, obteniendo valores de pH, temperatura, humedad relativa y conductividad eléctrica, mediante la utilización de equipos como un termohigrómetro, un medidor de pH y un conductímetro, obteniendo como resultado valores de pH en un rango de 7,5 a 8,5; mientras que la temperatura y la conductividad eléctrica presentaron cambios considerables, afectando la estabilidad del pH. La conductividad eléctrica del suelo estuvo en un rango de 1,71 a 2,15 mS/cm, lo cual es un valor alto; la temperatura del suelo estuvo entre 25 y 32 °C, lo cual es un valor típico de temperatura ambiente y la humedad relativa del suelo estuvo en un rango de 88,3% a 99,8%, lo cual es un valor alto. Así mismo, se pudo establecer la condición del suelo mediante estudios fisicoquímicos, analizando la composición química y la estructura del suelo al obtener un RAS de 0,08 lo cual no es susceptible a la salinización.
- Se encontró que el tratamiento de biol es efectivo para la mejora del suelo. Se determinó que el tratamiento más efectivo fue el cuarto con una dosis de 2,5 Kg + 5L, con un porcentaje de eficacia 57,66% en las mediciones de la variable altura de planta antes y después del tratamiento, lo cual indica que el producto biol cumple con su cometido
- Por último, se pudo hacer un análisis comparativo entre el biol elaborado y otros tipos de biol, concluyendo que el biol elaborado es más efectivo en la mejora de la calidad de suelo puesto que los estudios realizados por otros autores, dieron a conocer que el

biol aporta características significativas. Sin embargo, no todos pueden ayudar a satisfacer las necesidades del suelo y pueden ser deficientes con respecto a la evaluación de parámetros como el zinc.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar un método de determinación de la eficacia del tratamiento de biol más preciso, como la técnica de microgravedad, que permita obtener una medición más exacta de la contaminación del suelo, puesto que una de las ventajas de esta metodología es que no requiere de un muestreo tan grande de suelo.
- Se recomienda realizar una evaluación del impacto ambiental para el tratamiento de biol en una mayor cantidad de suelos, con diferentes niveles de contaminación y en diferentes climas, para así poder tener una idea más clara de su impacto ambiental.
- Se recomienda comparar el impacto ambiental del tratamiento de biol con el de otros métodos de limpieza de suelos, como la fumigación, para así poder tener una idea más clara de cuál es el método más efectivo.
- Se recomienda difundir los resultados de este estudio a otras instituciones y organizaciones interesadas en el tema, con el fin de promover el uso de este método de limpieza de suelos más efectivo, así como de reducir el impacto ambiental negativo de los métodos convencionales.

BIBLIOGRAFÍA

- AGROCALIDAD. (2018). *MANUAL DE REGISTRO PARA PRODUCTOS AGRÍCOLAS*. AGROCALIDAD: <https://www.agrocalidad.gob.ec/>
- Astudillo, M. (2012). *PRUEBAS POST HOC*. Estadística European Federation: <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/PRUEBAS-POST-HOC.pdf>
- Balzar, M. (2017). La importancia de la materia orgánica en el suelo. *Revista de la Asociación Española de la Ciencia del Suelo*, 10(3), 175-182. <https://doi.org/10.1016/j.rascs.2017.05.003>
- Bathurst, J., González, E., Salgado, R., & Wheeler, H. (n.d.). *Physically based modelling of gully erosion and sediment yield at the basin scale. Hydrology in a changing environment*. Volume III. In: *Hydrology in a Changing Environment*. Vol. III. H. Wheeler. Recuperado: 15 de Mayo de 2022.
- Beltrán, M. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 101-113.
- Berova, M., Karanatsidis, G., Sapundzhieva, K., & Nikolova, V. (2010). Effect of organic fertilization on growth and yield of pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Folia Horticulturae Ann.* 22(1), 3-7. https://www.researchgate.net/publication/267711037_Effect_of_organic_fertilization_on_growth_and_yield_of_pepper_plants_Capsicum_annuum_L
- Biblioteca Nacional Digital*. (2021). Retrieved 27 de Mayo de 2022, from <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-93720.html>
- Boqué, R., & Maroto, A. (2013). *EL ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA)*. Universidad de Rovira: <http://www.quimica.urv.es/quimio/general/anovacast.pdf>

- Borrás, C. (15 de Diciembre de 2017). *La importancia de los suelos*. Retrieved 17 de Mayo de 2022, from Ecología verde: <https://www.ecologiaverde.com/la-importancia-de-los-suelos-573.html>
- Budd. (2000). *What capacity the land?* España: Soil Water Conservation. Retrieved 12 de Mayo de 2022.
- Buol. (2000). *Sustainability of soil use*. Annual Review of Ecology and Systematic. Retrieved 3 de Mayo de 2022.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos. *Ciencias agrícolas*, 3-4. Retrieved 17 de Mayo de 2022.
- Cañaveras, J., Gómez, J., & Saura, C. (1999). A new method to determine the sodium adsorption ratio (SAR) in calcareous soils. *Geoderma*, 91(1), 51-70.
- Carter, M., & Gregorich, E. (1997). *Concepts of soil quality and their significance*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science Publishers. Retrieved 01 de Junio de 2022.
- Cervantes. (2015). *Abonos Orgánicos*. Campomar. Recuperado: 25 de Mayo de 2022.
- COA. (2017). *CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE*. Registro Oficial Suplemento 983: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>
- Constitución. (2008). *Constitución del Ecuador*. <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45208547/constitucion-ecuador.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DConstitucion-ecuador.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSBJ6BANGJTJZM4%2F20200522%2Fus-east-1%2F>
- Cordero, B. (2010). *Aplicación de biol a partir de residuos: ganaderos, de cuy y gallinaza, en cultivos de Raphanus sativus L. para determinar su incidencia en la calidad del suelo para agricultura*. [Informe] Tesis Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca.

- Cruz, Castillo, Gutierréz, & Barra. (2004). *La calidad del suelo y sus indicadores*. Retrieved Junio 21, 2022.
- Dagnino, J. (2014). Comparaciones Múltiples. *Revil Chil Anest*, 311-312. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Doran, J., & Parkin, B. (1994). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America. Retrieved 18 de Junio de 2022.
- Doran, J., & Safley, M. (1997). *Defining and assessing soil health and sustainable productivity*. .Pankhurst CE, Doube BM, Gupta VVSR. Recuperado: 19 de Mayo de 2022.
- FAO. (2020). *Registro y manejo de fertilizantes*. Food and Agriculture Organization: <http://www.fao.org/home/en/>
- FAO. (2022). Retrieved 17 de Mayo de 2022, from Degradación del suelo: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/#:~:text=La%20degradaci%C3%B3n%20del%20suelo%20se,prestar%20servicios%20para%20sus%20beneficiarios.>
- FAO. (1 de Junio de 2022). Retrieved 15 de Julio de 2022, from El suelo y el cambio climático: <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2015/articulos/el-suelo-y-el-cambio-climatico>
- Fernández, A. (2014). El índice de calidad de suelo como herramienta de evaluación de la capacidad productiva de los suelos. *Agrociencia*, 48(9), 847-856.
- Florian. (2007). *Producción y manejo de pasturas*. [Informe] artículo Consulado . <http://www.produccion-animal.com.ar/produccionymanejodepasturas.pdf>
- Gomero, L. (2000). *Los biodigestores campesinos una innovación para el aprovechamiento de los recursos orgánicos*. [Informe] Artículo consulado . http://www.leisa.info/index.php?url=getblob.hp&o_id=75455&a_id=211&a_seq=0

- Grageda, O., Gonzales, S., Díaz, A., & Arturo. (2015). *Uso de compostas y biofertilizantes en la agricultura*. [Informe] Bibliotedca Inifap. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4332/Uso%20de%20>
- Honorato, R., Barrales, L., Peña, I., & Barrera, F. (2001). *Evaluación del modelo USLE en la estimación de la erosión en seis localidades entre la IV y IX región de Chile*. Chile: Ciencia e Investigación Agraria, 28(1): 7-14. Recuperado: 18 de Mayo de 2022.
- INTAGRI. (2013). La Salinidad de los Suelos, un Problema que Amenaza su Fertilidad.. *Intagri*, 3. Retrieved 20 de Mayo de 2022.
- Kant, K. (2002). *Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos*. [Informe] uNIVERSIDAD DE JERUSALEN. <https://www.ipipotash.org/udocs/Sesion%20V.pdf>.
- López, J. (2017). “Bases científicas para la elaboración de un abono orgánico a partir de residuos de frutas y hortalizas.”. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.21930/rca.v34i1.5878>
- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, CO). (2012). *Mejoramiento de 31 Hectáreas en la Zona de Cordillera del Departamento de Quindío Para la Producción de Materia Prima Industrial con Destino a la Empresa Nacional*. MEALS de OLOMBIA S A. <http://es.scribd.com/doc/90882844/Pre-in-Version-MoraCalarca-Cordoba-Pijao-y-Genova>
- Mamani, T. (2014). *Efecto de biol en cultivo asociado de rábano y lechuga suiza (Valerianella locusta), en ambiente atemperado de cota*. [Informe] Tesis UMBSA. umsa.bo/handle/123456789/5651
- Martín, F. (2003). *La Fertilización en la Agricultura Ecológica*. [Informe] Agroinformación .
- Martínez, C. (2016). “*REMEDIACIÓN DE SUELO ALCALINO EN EL PARQUE METROPOLITANO, EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*”. Guayaquil.

Retrieved 27 de Mayo de 2022, from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/26572/1/T-UD-DP-MAA-045.pdf>

MATTE. (s.f.). *Sinergias entre Degradación de la Tierra y Cambio Climático en los Paisajes Agrarios del Ecuador*. flacsoandes. Retrieved 24 de Mayo de 2022.

Medina, & Ushco. (2022). *Presupuesto*. Latacunga.

Mera, R. (2020). *EVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE SUELOS EN TALUDES DE TERRAZAS DE BANCO CON PASTO GRAMALOTE (Paspulum fasciculatum), APLICANDO DOS TIPOS DE ABONOS Y CUATRO DISTANCIAS DE APLICANDO DOS TIPOS DE ABONOS Y CUATRO DISTANCIAS DE SIEMBRA EN SALACHE, COTOPAXI 2*. Latacunga. Retrieved 21 de Junio de 2022.

Molina, M. (2017). ¿Qué significa realmente el valor de p? *Pediatría Atención Primaria*, 19(76). <https://doi.org/ISSN 1139-7632>

Monge, J., Loria, M., & Oreamuno, P. (2022). Efecto de un biol sobre las características del suelo y la producción de brotes en pitahaya (*Hylocereus* sp.). *UNED Research Journal*, 14(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.22458/urj.v14i1.3836>

Navarro, J. (2015). *Análisis de Varianza ANOVA*. Universidad Nacional Autónoma de México: http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/Laboratoriovirtualdeestadistica/CARPETA%203%20INFERENCIA_ESTADISTICA/DOC_%20INFERENCIA/TEMA%204/11%20ANALISIS%20DE%20VARIANZA.pdf

Nosheen, S. (2021). Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability*, 13(4), 1868.

Novillo, C. (26 de Junio de 2019). *Qué es la degradación del suelo*. Retrieved 17 de Junio de 2022, from *Ecología verde*:

<https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-degradacion-del-suelo-2075.html>

Piscitelli, M. (15 de Julio de 2015). *Unicen*. Retrieved 17 de Mayo de 2022, from Degradación de suelos: <https://www.unicen.edu.ar/content/degradaci%C3%B3n-de-suelos>

Reinoso, J. (2018). “ANÁLISIS DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO DE LA PLANTACIÓN DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis*) EN LA PARROQUIA SAN CARLOS, CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA”. Riobamba. Retrieved 17 de Mayo de 2022.

Reinoso, J. (2018). “ANÁLISIS DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO DE LA PLANTACIÓN DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis*) EN LA PARROQUIA SAN CARLOS, CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA”. Riobamba. Retrieved 20 de Junio de 2022.

Rendón, A. (2013). *Elaboración de abono orgánico tipo biol a partir de estiércol de codorniz enriquecido con alfalfa y roca fosfórica para elevar su contenido de nitrógeno y fósforo*. [Informe] Tesis Universidad Técnica de Ambato.

Restrepo, J. (2007). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares*.

Ríos, W. (2015). *Efectos de la aplicación del bocashi en el crecimiento del sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y recuperación de un suelo degradado en el distrito de Daniel Alomía Robles, Huánuco*. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Rodríguez, J. (2018). Caracterización de suelos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 70(2), 7-20. <https://doi.org/https://doi.org/10.17533/udea.rfnag.v70n2a01>

Romig, D., & Garlynd, M. (1995). *How farmers assess soil health and quality*. Estados Unidos: Soil Water Conservation. Retrieved 15 de Abril de 2022.

- Rosa, P., Mortinho, E., Jalal, A., & Buzetti, S. (2020). Inoculation with growth-promoting bacteria associated with the reduction of phosphate fertilization in sugarcane. *Frontiers in Environmental Science*, 8(32).
- Sela, G. (19 de Marzo de 2021). *Cropaia*. Retrieved 27 de Mayo de 2022, from El pH del suelo: <https://cropaia.com/es/blog/el-ph-del-suelo/>
- Suquilanda, M. (1996). *Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro*.
- Tampere, M., & Viiralt, R. (2014). The efficiency of biogas digestate on grassland compared to mineral fertilizer and cattle slurry. *Research for Rural Development*, 1(1), 89-94.
- Tecnología Química y Comercio (TQC). (2005). *El biol*. <http://www.tqc.com.pe/uploads/fichas/agricola/biol.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1. COMPONENTES DEL TRATAMIENTO

Componentes del Tratamiento (%)	
Materia Orgánica	61,52
Nitrógeno	2,73
Fósforo	1,75
Potasio	3,63
Calcio	4,42
Magnesio	1,06
Hierro	0,02
Manganeso	0,07
Boro	0,02
Zinc	0,028
Cobre	0,05
Azufre	0,24

Elaborado por: Medina &Ushco (2022)

Anexo 2. PARCELA



Anexo 3. TUTORÍAS

JOSE LUIS AGREDA ONA está...

Parámetros inorgánicos			Parámetros orgánicos		
Arsénico	mg/kg	12	Benzeno	mg/kg	500
Cadmio (total)	mg/kg	250	Cloruro de metano	mg/kg	0.1
Cromo	mg/kg	750	Cloruro de etileno	mg/kg	0.1
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1	Formol	mg/kg	0.1
Cianuro	mg/kg	0.5	Mercurio	mg/kg	0.1
Cobalto	mg/kg	50	Óxido de nitrógeno	mg/kg	0.1
Cromo	mg/kg	25	Cloruro de metano	mg/kg	0.1
Cromo total	mg/kg	50	Cloruro de etileno	mg/kg	0.1
Cromo VI	mg/kg	0.5	Cloruro de metano	mg/kg	0.1
Cianuro	mg/kg	0.5	Cloruro de metano	mg/kg	0.1
Estano	mg/kg	5	Cloruro de metano	mg/kg	0.1
Fenoles	mg/kg	500	Cloruro de metano	mg/kg	0.1
Níquel	mg/kg	0.1	Cloruro de metano	mg/kg	0.1
Níquel soluble	mg/kg	5	Cloruro de metano	mg/kg	0.1
Plomo	mg/kg	50	Cloruro de metano	mg/kg	0.1
Plomo	mg/kg	100	Cloruro de metano	mg/kg	0.1
Selenio	mg/kg	1	Cloruro de metano	mg/kg	0.1
Vanadio	mg/kg	50	Cloruro de metano	mg/kg	0.1
Zinc	mg/kg	500	Cloruro de metano	mg/kg	0.1

TABLA 2. CRITERIOS DE REMEDIACIÓN

JOSE LUIS

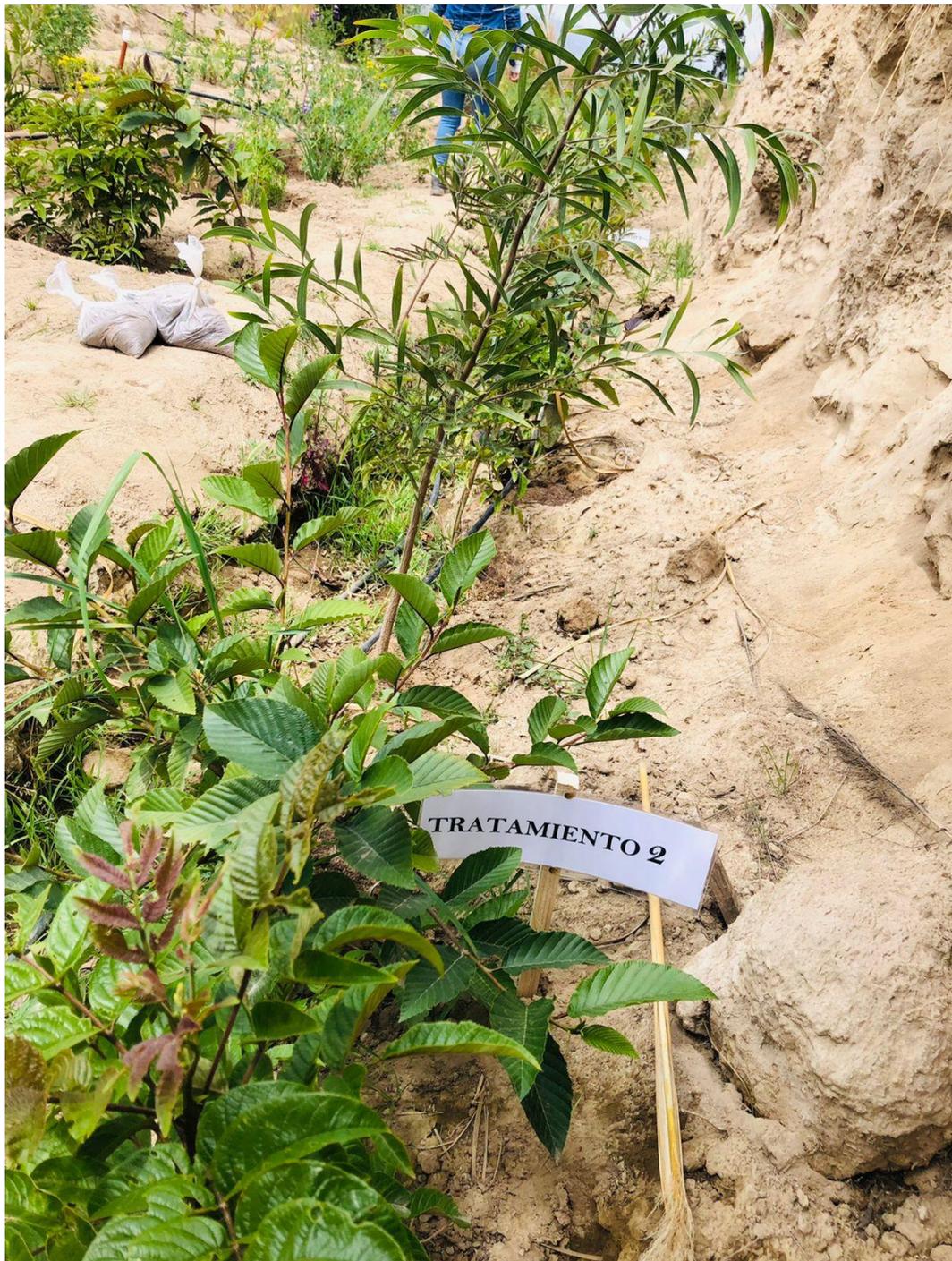
CANDIDA...

Tú

Anexo 4. RECOLECCIÓN DE DATOS INICALES



Anexo 5. ROTULACIÓN



Anexo 6. APLICACIÓN DE TRATAMIENTO CON BIOL



Anexo 7. TOMA DE DATOS EN CAMPO

Anexo 8. AVAL DE TRADUCCIÓN

Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Centro
de
Idiomas

CENTRO DE IDIOMAS

Latacunga, 02 de Septiembre del 2022

Mg.

Marco Paúl Beltrán Semblantes

DIRECTOR DEL CENTRO DE IDIOMAS

Presente. -

MEDINA LAGLA KAREN ANALY, con cédula de ciudadanía N° 050311049-6 y USHCO ANTE CÁNDIDA EULALIA , con cédula de ciudadanía N° 050398428-8 de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Carrera de Ingeniería Ambiental, solicitamos de la manera más comedida que conceda la revisión y aval de la traducción del resumen del proyecto de titulación al idioma inglés, bajo la supervisión de la tutor Mg. José Luis Agreda Oña cuyo título es “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE SUELOS TRATADOS CON BIOL EN EL CAMPUS EXPERIMENTAL ACADÉMICO (CEASA), PERIODO 2022”.

Por la favorable atención que se sirva a la presente anticipamos nuestro agradecimiento,

Muy atentamente.

Medina Lagla Karen Analy
C.I: 050311049-6
Telf: 0983755159
email: karen.medina0496@utc.edu.ec

Ushco Ante Cándida Eulalia
C.I: 050398428-8
Telf: 0995464561
email: candida.ushco4288@utc.edu.ec