



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

**Uso de técnicas mecánicas para reforzar los ciclos biogeoquímicos para
recuperar la productividad de suelos.**

ARTÍCULO ACADÉMICO

Autor: Mora Patiño, Jhon Ismael.

Director: Lucero Mosquera, Hernán Patricio, Mgtr.

LOJA – ECUADOR

2019



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2019

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Loja, 27 de sep. de 2019

Doctor.

Edwin Daniel Capa Mora.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

Certifico:

Que el presente trabajo de Titulación denominado: **Uso de técnicas mecánicas para reforzar los ciclos biogeoquímicos para recuperar la productividad de suelos**, realizado por el Sr. **Jhon Ismael Mora Patiño**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Particular que informo, para los fines pertinentes

Atentamente.

f.....

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Jhon Ismael Mora Patiño declaro ser autor del presente trabajo de titulación: **Uso de técnicas mecánicas para reforzar los ciclos biogeoquímicos para recuperar la productividad de suelos**, de la Titulación de Ingeniería Agropecuaria, siendo Mgtr. Hernán Patricio Lucero Mosquera, director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autor: Jhon Ismael Mora Patiño

Cédula: 1105550436

DEDICATORIA

Seguiré adelante no porque sea capaz de vencer, sino porque tengo a un Dios victorioso que pelea por mí.

El trabajo va dedicado a mis padres y hermanos: Leonidas Tomas Mora Sanmartín, Emérita Flora Patiño Campoverde, María, Justo y Verónica que, gracias a su apoyo integral, me ha sido posible terminar este paso por la universidad, dándome el apoyo para alcanzar este objetivo.

Jhon Ismael Mora Patiño

AGRADECIMIENTOS

Agradezco incondicionalmente a toda mi familia, mi pareja y en especial a mis padres, a todos ellos quienes de alguna u otra manera me dieron la motivación y el apoyo para perseguir mis sueños.

Y a todos mis compañeros, amigos con quienes nos hemos dado la mano en todo momento y hemos compartido momentos invaluable, mismos que llevaré siempre en mi memoria. MUCHAS GRACIAS.

Así mismo agradezco a la Universidad Técnica Particular de Loja, a la titulación de Agropecuaria, a sus docentes por compartir conmigo sus valores y conocimientos en mi formación personal y profesional, y de manera especial al Mgtr. Hernán Patricio Lucero Mosquera, quién me guío de la mejor manera en el desarrollo y culminación de este trabajo.

Jhon Ismael Mora Patiño

INDICE DE CONTENIDOS.

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE DE CONTENIDOS.....	vi
INDICE DETABLAS Y FIGURAS.....	vii
OBJETIVOS.....	viii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
METODOLOGÍA.....	4
Área de estudio.....	4
Diseño experimental.....	4
Variables evaluadas.....	6
Biomasa.....	6
Análisis químico de suelo.....	6
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
CONCLUSIONES.....	13
RECOMENDACIONES.....	14
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	15
ANEXOS.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diseño experimental.

Figura 2. Comparación de biomasa inicial frente a la biomasa final en los tratamientos establecidos

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados de los análisis químicos del suelo correspondientes al tratamiento ciclo biogeoquímicos.

ANEXOS

Figura 3: Media inicial frente a la media final.

Figura 4: Resultados e Interpretación de los análisis realizados en laboratorio, correspondientes al tratamiento (2), inicio del proyecto.

Figura 5: Resultados e Interpretación de los análisis realizados en laboratorio, correspondientes al tratamiento (2), fin del proyecto.

Figura 6: Cerramiento del terreno, delimitación de parcelas y corte de mantillo.

Figura 7: Fertilización mineral en (T3), toma de muestras de suelo, estado final de parcela (T2)

Figura 8: Recolección, etiquetado y peso de muestras (biomasa) en cada una de las parcelas

OBJETIVOS:

Objetivo general.

Evaluar el uso de técnicas mecánicas para acelerar los ciclos biogeoquímicos para recuperar la productividad de suelos que han sido dados de baja para la producción agropecuaria.

Objetivos específicos.

1. Evaluar el comportamiento de las características físico químicas del suelo. (iniciales vs finales), después de la aplicación de tratamientos o aceleración de ciclos biogeoquímicos.
2. Comparar la producción de biomasa en cada una de los tratamientos establecidos.
3. Evaluar el efecto del mantillo (mulching) sobre la productividad de suelos degradados.

RESUMEN.

La deforestación, el mal manejo en el uso del suelo, y la consecuente erosión, son problemas que enfrentamos actualmente. Esto repercute al empobrecimiento biológico, químico y físico de estos. Con propósito de investigar nuevos métodos para recuperar la productividad de los suelos, este trabajo tiene el objetivo principal de evaluar la evolución de sus características, por medio de tres tratamientos: aceleración de los ciclos biogeoquímicos, Fertilización y usos, costumbres del ganadero. Éstos han sido comparados frente al rendimiento de biomasa producida, y el análisis químico (pH, MO, N, P, K,); al inicio y al final, durante 6 meses. El mejor resultado en peso es el tratamiento de fertilización. Sin embargo, no hay diferencias significativas con el tratamiento “biogeoquímicos”; pero sí con el de “usos y costumbres”. Estos resultados conducen a pronosticar que con el tratamiento “biogeoquímico” la productividad se puede incrementar. Esto hará una diferencia real entre estos dos tratamientos. Como consecuencia de ello, este método ayudará a reiniciar una reactivación de los ciclos biogeoquímicos “ayudados” por el ser humano y así luchar contra los problemas de improductividad y erosión.

Palabras clave: Suelos, reincorporación, recuperación, fertilidad, producción, biomasa, erosión.

ABSTRACT.

Deforestation, mishandling in land use, and consequent erosion are problems we face today. This affects the biological, chemical and physical impoverishment of these. In order to investigate new methods to recover soil productivity, this work has the main objective of evaluating the evolution of its characteristics, by means of three treatments: acceleration of biogeochemical cycles, Fertilization and uses, customs of the farmer. These have been compared against the performance of biomass produced, and chemical analysis (pH, MO, N, P, K,); at the beginning and end, for 6 months. The best result in weight is fertilization treatment. However, there are no significant differences with the treatment of "biogeochemicals"; but with "uses and customs." These results lead to forecasting that with "biogeochemical" treatment productivity can be increased. This will make a real difference between these two treatments. As a result, this method will help restart a revival of the biogeochemical cycles "helped" by humans and thus combat the problems of unproductiveness and erosion.

Key words: soil, reinstatement, recovering, fertility, production, biomass, erosion

INTRODUCCIÓN

La erosión del suelo es un problema que ha afectado al Ecuador por muchos años, en la actualidad aproximadamente el 47,9 % de la superficie del país posee problemas erosivos (Tiupul, 2014). La tasa de deforestación anual es una de las más altas en Latinoamérica, corresponde al 2,3 % anual, provocando que la cubierta vegetal original haya desaparecido en un 36 %, principalmente en la Región Costa, que ha provocado la alteración del clima y fenómenos como la sequía (Santos y Castro, 2012). Según (ESPAC, 2017); (Ramón, 2005), las provincias más afectadas con problemas de desertificación y sequía son Loja, Manabí y Chimborazo, las mismas que a su vez presentan los índices más altos de pobreza en el país (Ecuador, 2015; INEC, 2010).

En la provincia de Loja se considera que el aspecto físico natural favorece el desarrollo de una fuerte erosión, esto se debe principalmente al abrupto relieve, el 86 % del área de la provincia presenta un relieve montañoso y colinoso (INERHI-PREDESUR-CONADE, 2000). Afectando directamente a la situación biofísica del territorio, así como a la agudización de los problemas socioeconómicos que se evidencian con un índice de pobreza de la población provincial (Puchaicela 2013; Ramón y Reyes 2005). Debido a que no se puede cultivar por la baja calidad, erosión de los suelos, haciendo que se den problemas de bajos rendimientos en la producción de cultivos y pastos para ganado. Por lo que es necesario investigar nuevos procesos en la producción, que ayuden a mejorar la productividad agropecuaria en nuestra provincia, una de estas opciones podría ser la aceleración de ciclos biogeoquímicos, los cuales ayudan o tienen la función de mejorar las condiciones del suelo.

Los ciclos biogeoquímicos son procesos naturales, que reciclan elementos minerales en diferentes formas químicas, desde el medio ambiente hacia los organismos y luego a la inversa (Efron, Sarti, Quinteros, y Catán, 2012). Agua, carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo y otros minerales recorren estos ciclos, conectando los componentes vivos y no vivos de la tierra (Giraldo 2013; Martínez, Fuentes, y Acevedo 2008). De esta manera es cómo funcionan los ciclos biogeoquímicos, realizando un intercambio de sustancias químicas entre organismos biológicos y el ambiente geológico, esto hace que se provoque un cambio químico, que terminará modificando la estructura del suelo (Lenntech, 2000; Montserrat, 1998).

El reciclaje de materia vegetal ayuda a la aceleración de estos ciclos; es así, que después del corte de la vegetación, se forma un mantillo (mulching), éste es incorporado al suelo en

estado verde, sin previa descomposición, con el propósito de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, teniendo en cuenta que cada especie vegetal producen en promedio un total de 5000 metabolitos (Klug, Cummings y Spencer, 2008), ya que estos compuestos secretados por las plantas al suelo ayudan a que los microorganismos tengan una mejor condición óptima (alimento) para desarrollarse y así ayudar a devolver al suelo los nutrientes extraídos por las plantas, aquí es donde los ciclos biogeoquímicos necesitan de estos procesos para cumplir su ciclo. Así se restablece y mejora la fertilidad natural (Montero et al., 2009; Montserrat, 1998) y a la vez también ayuda a controlar la erosión de los suelos (Casado y Mielgo 2008).

Por lo cual, el presente estudio busca evaluar la producción de biomasa y el comportamiento en las características químicas del suelo en los diferentes tratamientos, mediante el uso técnicas mecánicas (corte y reincorporación de forraje o pasto), repitiendo varias veces esta actividad para acelerar los ciclos biogeoquímicos. Con el propósito de recuperar la productividad de suelos a sus óptimas condiciones, que han sido dados de baja para la producción agropecuaria, además se busca sistematizar esta información, con la finalidad de generar una metodología estandarizada para emitir recomendaciones prácticas en nuestras zonas (Loja).

METODOLOGÍA.

Área de estudio:

El presente estudio se ejecutó en la provincia de Loja – Ecuador en la Estación Agropecuaria de la Universidad Técnica Particular de Loja, situada en el sector Cajanuma a 9 km de la ciudad, ubicada en las coordenadas x: -4,0887 y: -79,2082, altitud aproximada de 2230 sur m s.n.m., precipitación media anual de 780 mm, temperatura promedio de 16°C, con una velocidad del viento de 3,0 m/s, (Climate-data.org, 2018; Loja- La Argelia., 2019; Municipio de Loja, 2014).

Diseño experimental.

Para llevar a cabo la ejecución del presente trabajo investigativo, se procedió a efectuar la aplicación durante 6 meses un proceso que llamaremos aceleración de los ciclos biogeoquímicos, que consiste en la reincorporación del pasto en las parcelas de estudio. Para realizar la investigación se procedió a establecer bajo un diseño de bloques completos al azar, en un área de 900 m², tres parcelas de 300 m² y estas a su vez se subdividieron en

parcelas de 100 m², con el fin de aplicar tres repeticiones por tratamiento (León, González, y Gallardo, 2011).

Los tratamientos aplicados fueron: la primera parcela o testigo (T1) se cortó el mantillo (*pastos naturales: Stipa ichu, Bidens sp, Medicago arabica, Pennisetum clandestinum*) y se retiró, simulando lo que hace el agricultor (Benítez, 1988), que coloca su ganado a cosechar el pasto y cuando ya no hay comida los cambian de parcela, y el suelo queda descubierto (Cárdenas y Garzon, 2011). En el segundo tratamiento (T2) se realizó el corte del mantillo y se lo incorporó nuevamente para que se dé el proceso de la aceleración de los ciclos biogeoquímicos en el suelo (Cárdenas y Garzon, 2011; Fortes et al., 2007). En el tercer tratamiento (T3), se fertilizó con urea al 46%, distribuida uniformemente al voleo aplicado, cada 45 días que es la recomendación para pastos naturales de paramo, aquí también se cortó el mantillo y se retiró (Alesandri y Alesandri, 2009; Cárdenas y Garzon, 2011). Los cortes se realizaron cada 7 días, en todas las parcelas o tratamientos y se tomaron los respectivos pesos de la cantidad de biomasa (Fernández, 2004) (Figura 1).

En la figura 1 se muestra el diseño experimental realizado en campo. **T1** = Tratamiento testigo, **T2** = Tratamiento ciclo biogeoquímico, **T3** = Tratamiento con fertilización química, **Rep. 1** = Repetición 1, **Rep. 2** = Repetición 2 y **Rep. 3** = Repetición 3.



Figura 1: Diseño experimental.

Fuete: Autor

Elaboración: Autor

Variables evaluadas.

Las variables de evaluación de este estudio se detallan a continuación.

Biomasa. Se tomó cada 7 días. Para la realización de esta actividad se utilizó un cuadro de muestreo manual por caída, con una superficie de 1 m². Para la realización del corte se utilizó un cuchillo o una tijera de cortar, y posteriormente se procedió a pesar en una balanza, esta actividad se realizó en cada una de las parcelas (Fortes et al., 2007).

Análisis químico de suelo.

Se tomó muestras de suelo con un peso de un kilogramo en todas las parcelas correspondientes. El muestreo se realizó en dos fases: enero y julio, al inicio y al final de realizado el estudio; la recolección de la muestra se la efectuó con la ayuda de un barreno a una profundidad de 15 cm, lugar donde se encuentra la mayor parte del sistema radicular

de los pastos naturales (Sánchez, Paolini y Rodríguez, 2010). Cabe señalar que los primeros análisis (al inicio) se realizó en toda el área en general con igualdad de condiciones edafoclimáticas. Una vez tomadas y etiquetadas las muestras de suelo fueron llevadas inmediatamente a Agrocalidad en donde se entregó a la institución para que a través de sus laboratorios se realicen los análisis químicos de suelo. Los parámetros analizados en cada muestra fueron: pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio.

Análisis estadísticos.

Con el propósito de establecer si existen diferencias estadísticas significativas en las variables medidas entre los diferentes tratamientos, se sometieron los datos a un ANOVA de una vía con prueba de Tukey, sub conjuntos homogéneos ($p < 0,05$) empleando el programa descriptivo IBM SPSS Statistics 24.0.(IBM, 24AD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa.

La figura 2 muestra los datos iniciales de biomasa en todos los tratamientos, aquí se puede apreciar que estos son homogéneos, no muestran diferencia estadísticas significativas entre sí (barras azules); mientras, que después de la aplicación de los tratamientos (al final del ensayo), se puede apreciar que el tratamiento de fertilización mineral fue el que mejores resultados obtuvo en la producción de biomasa, sin embargo, este no presenta diferencias estadísticas significativas frente al tratamiento de aceleración de los ciclos biogeoquímicos, así mismo, podemos observar que el tratamiento testigo, fue el tratamiento que produjo menos biomasa, por lo cual se puede indicar que en este estudio, la aplicación de fertilización mineral (T3) y aplicación de aceleración de ciclos biogeoquímicos (T2) han dado resultado positivos en el incremento de biomasa del cultivo del pasto, al compararlo con el T0.

En la figura 1 se muestra la comparación de la media inicial frente a la media final. Las barras azules representan la media de cada tratamiento en su fase inicial y las barras naranjas en su fase final con su respectiva desviación estándar. Letras minúsculas diferentes significan diferencia estadística significativa. **T1** = Tratamiento testigo, **T2** = Tratamiento ciclo biogeoquímico y **T3** = Tratamiento con fertilización química.

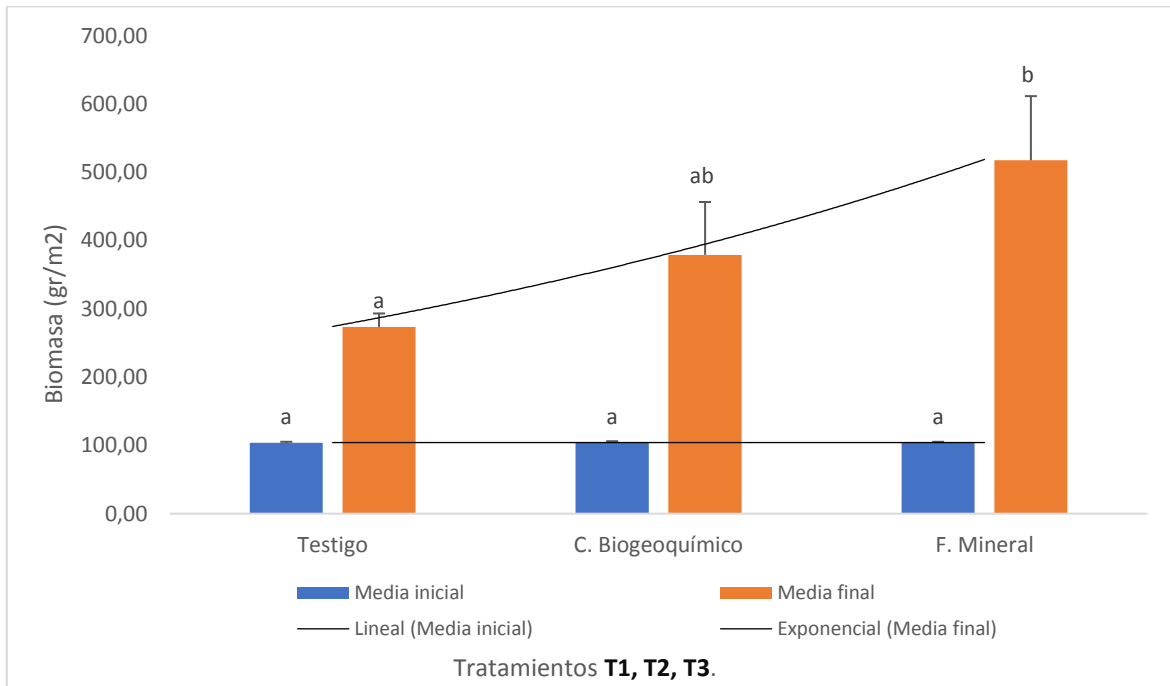


Figura 2. Comparación de biomasa inicial frente a la biomasa final en los tratamientos establecidos

Fuete: Autor.

Elaboración: Autor.

Las cantidades de biomasa en este estudio y de manera significativa en los tratamientos con fertilización y ciclo biogeoquímicos, posiblemente se debe a que se utilizó fertilizantes químicos los cuales aportan los nutrientes necesarios al suelo y cultivos, y por otra parte el tratamiento de ciclos biogeoquímicos, al dejar la materia orgánica en el sitio, esta se descompone liberando MO al suelo y con ella nutrientes, los que ayudaran a que el suelo disponga condiciones necesarias de nutrientes para volver a producir nuevamente cultivos. Estudios realizados por que estudiaron para cuantificar el efecto de la incorporación de mulching de paja en un suelo, concluyeron que los residuos de los cultivos pueden ser utilizados como mulching para mejorar el régimen hidrotermal del suelo, de esta manera en nuestro trabajo al incorporar el mantillo después del corte posiblemente se pudo dar la estimulación de la macro y microbiología del suelo; así como también los procesos de

trasporte de agua, y calor en condiciones de campo, esto es indispensable para que los ciclos biogeoquímicos del suelo pueden realizar el intercambio de elementos y así en aumento de la biomasa, ya que la cantidad de biomasa depende mucho de la calidad del suelo (López, Fontenot, y García, 2011).

Análisis químico de suelo.

En la Tabla 1 se evidencia los resultados obtenidos de los análisis químicos del suelo en cada uno de los tratamientos, análisis correspondientes al inicio y final del estudio. En la que se puede apreciar que al inicio del estudio los resultados son muy similares en cada uno de los parámetros, sin embargo, los resultados arrojados al final del estudio, se muestra que hay una diferencia observacional entre los parámetros evaluados. El pH y en potasio en el tratamiento con ciclos biogeoquímicos tuvo un incremento sustancial en relación a los demás tratamientos y a los resultados del inicio, así mismo con el porcentaje de materia orgánica y de nitrógeno en todos los tratamientos es similar y no se presenta mayor diferencia, además con el fósforo, los tratamientos testigo y ciclos biogeoquímicos presentan diferencia ante el tratamiento con fertilización mineral, además la disminución frente a los resultados del inicio.

Tabla 1: Resultados de los análisis químicos en todos los tratamientos.

PARAMETRO		pH	Materia orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (mg/kg)	Potasio (cmol/kg)
Testigo	Inicio	4,71	8,53	0,43	18,0	0,27
	Final	4,82	13,24	0,66	9,6	0,25
Ciclos biogeoquímicos	Inicio	4,71	8,53	0,43	18,0	0,27
	Final	4,97	13,14	0,66	10,3	0,51
Fertilización mineral	Inicio	4,71	8,53	0,43	18,0	0,27
	Final	4,89	12,23	0,61	18,0	0,16

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

El pH es un elemento indispensable que se debe tener en cuenta, y al ser un factor indicador de múltiples propiedades físicas químicas y biológicas del suelo, que influyen fuertemente sobre la disponibilidad de los nutrientes esenciales para las plantas (Osorio, 2012), cuándo este elemento se encuentra en rangos ácidos presenta un gran problema para la producción de alimentos y tratar de corregir o elevar el pH genera más problemas, por recursos económicos y energéticos que se deben invertir, para corregir este elemento (pH), por lo que en nuestro estudio hay un incremento en relación a los resultados de inicio de manera sustancial en el tratamiento con ciclos biogeoquímicos que sube de 4,71 a 4,97, confirmando tal y como lo respaldan trabajos ya realizados por autores como Magra y Ausilio (2004); Moreno y García (2011); Vázquez et al. (2003) que los ciclos biogeoquímicos ayudan al aumento del pH del suelo, también cumplen con el principio de sostenibilidad; aportan beneficio ambiental porque al no aplicar fertilizante mineral no hay generación a la atmosfera de gas por exceso de nitrógeno (N₂O) (España, 2018), ya que es el gas más

contaminante de todos, así mismo con la aplicación de fertilizantes químicos lleva un elevado costo de recursos para manejar ese suelo a futuro; y productivamente al final se logra recuperar el suelo a sus óptimas condiciones, para volver a producir pastos o cultivos, sin embargo, los tratamientos testigo y con fertilización mineral, también se ven buenos incrementos esto se pudo haber dado, porque al ser el suelo un medio de vida, se regenera naturalmente por la cantidad de materia orgánica, siendo un factor estabilizador de la estructura del suelo, ya que ayuda a mantener las partículas minerales unidas frente a las fuerzas desestabilizadoras como el humedecimiento e impacto de las gotas de lluvia (Rossell, 2005), puesto que en este estudio el porcentaje de materia orgánica en relación al inicio creció en todos los tratamientos, además la materia orgánica, es un componente fundamental del suelo del cual dependen muchas de sus propiedades físicas, químicas y biológicas y su contenido y propiedades, están íntimamente relacionados con las características edafoclimáticas (Rodríguez, Cortiza, Pereiara, Chacón, y Muños, 2015), y a lo largo de este estudio hubo buenas condiciones edafoclimáticas, por lo cual el Nitrógeno también tuvo un crecimiento en todos los tratamientos, ya que la transformación de nitrógeno ocurre por la descomposición y mineralización de la materia orgánica llevada a cabo por los microorganismos del suelo (Pacheco y Cabrera, 2003).

Para el fósforo en todos los tratamientos ocurrió un descenso en sus valores con respecto al inicio, manteniéndose en el tratamiento con fertilización, esto se pudo haber dado por los bajos contenidos de bases intercambiables y en algunos casos presencia de aluminio, puesto que tiene relación con, la baja disponibilidad de fósforo de estos suelos que lo convierte en uno de los elementos más limitantes en la producción agrícola, por otra parte la alta capacidad de fijación del fósforo proveniente de los fertilizantes o fuentes solubles, estas características hacen que las deficiencias de fósforo sean bastante comunes en estos suelos con valores promedio (Ramírez, Rendón, y Acevedo, 2015).

Para el caso del potasio en el tratamiento con ciclos biogeoquímicos se obtuvo un incremento de 0,27 a 0,51 cmol/kg siendo un resultado muy bueno, en la que los ciclos biogeoquímicos ayudan a la recuperación del suelo. Esto lo corroboran varios trabajos realizados como los de (Betancourt et al., 1999; Ramil, 2004), sobre la recuperación de suelos degradados y secuestro de carbono, ya que el reutilizamiento de la materia orgánica, producto del corte del matillo, admite el mejoramiento de las características del suelo ya que al incorporarse se exponen a los procesos de mineralización mediante reacciones de

oxidación y reacciones de reducción, favorecidos por la humedad, la temperatura y el pH, la profundidad del suelo y la aireación (Ferrera, 2001).

Además el incremento del pH, materia orgánica, nitrógeno y potasio , coinciden con trabajos realizados por Reyes et al. (2012), en el cual en su estudio aplicaron la técnica del mulching con la especie *M. pruriens* con el cultivo de maíz y concluyen que son las mejores opciones para pequeños productores, para la recuperación de suelos y mejorar la productividad. Esto permite menor uso de insumos externos lo cual podría maximizar beneficios productivos, que son un principal objetivo en la agricultura, además de disminuir los costos de producción (Naudin et al., 2010). Así mismo, según Atreya et al. (2008) no solo ayuda a mejorar el suelo si no también lo protege de los diferentes agentes externos (viento, precipitación) que conllevan a su erosión.

CONCLUSIONES.

En este estudio en los tres tratamientos realizados: el testigo frente al ciclo biogeoquímicos y con fertilización si existió una diferencia estadística significativa en cantidad de biomasa, sin embargo, el tratamiento con fertilización es mejor, puesto que, desde el punto de vista productivo, brinda mejores beneficios al agricultor disponiendo mayor cantidad de biomasa.

También, el uso de esta metodología para acelerar los ciclos biogeoquímicos con el propósito de recuperar la productividad de suelos. A través de la incorporación de material vegetal, ayuda a la aceleración de estos ciclos; es así, que después de este tratamiento (incorporación de materia verde al suelo), se comprobó químicamente, que se produjo un incremento de pH, materia orgánica, nitrógeno, y potasio, ayudando así a mejorar las condiciones químicas del suelo, permitiendo restablecer y mejorar su fertilidad natural, a la vez también se ayuda a controlar la erosión de los suelos.

Finalmente, con este trabajo tratamos de aportar en algo al principio sobre sustentabilidad de los suelos con argumentos claros, técnicos, métricos y objetivos que nos permiten hacer una recomendación sobre el manejo de estos, de una manera ecológica, inspirados en el funcionamiento de los ecosistemas naturales que no necesita de aportes externos para cumplir su ciclo vital.

RECOMENDACIONES.

Se recomienda no hacer los cortes tan a nivel del suelo ya que el pasto sufre traumatismos y retrasa su crecimiento para el nuevo corte

En los días con exceso de viento procurar no realizar esta actividad mecánica ya que el viento llevará el material biomasa lejos del lugar (amontonar) y esto hace que no se distribuya uniformemente en el terreno.

Antes de iniciar el tratamiento en caso de ser posible y en especial donde no se haya realizado por mucho tiempo algún tipo de arado, preparar al suelo con una labranza mínima ya que esto des compactará el suelo lo que activará los microorganismos y a la vez el material biomasa se mantendrá en su lugar, dando los resultados buscados incluso en menor tiempo.

El uso de esta técnica es una opción viable para el agricultor, recomendable con la ayuda de una moto guadaña, su precio es muy asequible y así se ve mejores beneficios que se obtendrán en recuperar el suelo, en comparación con un método tradicional para volver a producir en el mismo suelo y a la recuperación y disminución de la erosión.

BIBLIOGRAFÍA.

- Alesandri, D., & Alesandri, G. (2009). *Fertilización nitrogenada en pasturas*. 1–25. Retrieved from <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS>
- Atreya, K., Sharma, S., Bajracharya, R. M., & Rajbhandari, N. P. (2008). Developing a sustainable agro-system for central Nepal using reduced tillage and straw mulching. *Journal of Environmental Management*, 88(3), 547–555. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.03.017>
- Benítez, W. (1988). *Sistema ganadero en centro Loja..pdf*. Retrieved from <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1089/1/T-SENESCYT-0256.pdf>
- Betancourt, P., Gonzalez, J., Figueroa, B., & Gonzalez, F. (1999). Materia organica y caracterización de suelos en proceso de recuocación con coberturas vegetativas en zonas templadas de Mexico. *Terra*, 17(2), 139–148. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317207>
- Cárdenas, A., & Garzon, J. (2011). Guía de manejo de pastos para La sierra sur del Ecuador. *Boletín Divulgativo*, p. 21. Retrieved from <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2318/1/BD407.pdf>
- Casado, G. I. G., & Mielgo, M. A. (2008). *Uso de abonos verdes, buenas prácticas en producción ecológica*. Retrieved from http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/bppe/Uso_de_Abonos_Verdes_tcm7-187426.pdf
- Climate-data.org. (2018). Clima Loja. Retrieved from <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-loja/loja-4233/>
- Ecuador. (2015). *República del Ecuador*. 1, 66. Retrieved from [https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/Informe Final Reporte corregido.pdf](https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/Informe%20Final%20Reporte%20corregido.pdf)
- Effron, D. N., Sarti, G. C., Quinteros, M. C., & Catán, S. I. (2012). Influencia de especies arbóreas implantadas sobre parámetros biológicos y bioquímicos en un suelo forestal de Chubut, Argentina. *Informacion Tecnologica*, 23(2), 87–92. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000200010>
- ESPAC. (2017). *Indice_de publicacion_ESPAC_2017 Superficie por categorias del uso*

- del suelo, según región y provincia*. Retrieved from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- España. (2018). *EMISIONES DE CO₂ DEBIDAS A LA FERTILIZACIÓN CON UREA*. <https://doi.org/10.01.01-06>
- Fernández, H. (2004). Estimación de la disponibilidad de pasto. *Inta*, 1–23. Retrieved from http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo_sistemas/41-disponibilidad.pdf
- Ferrera, R. (2001). La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum ISSN*., 8(2).
- Fortes, D., Herrera, R. S., Torres, V., García, M., Cruz, A. M., Romero, A., ... González, S. (2007). Determinación de un método de muestreo para el estudio morfofisiológico de *Pennisetum purpureum* vc . Cuba CT-115 en pastoreo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(4), 381–384. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193017712015.pdf>
- Giraldo, O. (2013). *Biclos biogeoquímicos*. *Ciencias naturales y educación ambiental. indicadores de desempeño*. 1–10. Retrieved from http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=article&id=580:ciclos-biogeoquimicos&catid=98&Itemid=131&lang=es
- IBM. (24AD). *Guia Breve de IBM SPSS Statistics 24*. Copyright IBM Corp., 1–100. Retrieved from ftp://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/statistics/24.0/es/client/Manuals/IBM_SPSS_Statistics_Brief_Guide.pdf
- INEC. (2010). Instituto nacional de estadísticas y censos:población y demografía. Retrieved December 7, 2018, from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- INERHI-PREDESUR-CONADE. (2000). Plan integral de desarrollo de los recursos hídricos de la provincia de Loja. *Development*, 257. Retrieved from <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea02s/ch01.htm>
- Klug, W. S., Cummings, M. R., & Spencer, C. A. (2006). *Conceptos de genética*. In Pearson (Ed.), *PEARSON EDUCACIÓN, S.A., Madrid*. (8 EDICION). Retrieved from

<http://www.micampusvirtual-iha.com/biblioteca/wp-content/uploads/2018/Conceptos-de-Genetica-Klug-Cummings.pdf>

Lenntech. (2000). Ciclos biogeoquímicos. Lenntech, soluciones integrales. Retrieved December 8, 2018, from <https://www.lenntech.es/ciclos-biogeoquimicos.htm>

León, J., González, M., & Gallardo, J. (2011). Ciclos biogeoquímicos en bosques naturales y plantaciones de coníferas en ecosistemas de alta montaña de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1883–1894. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/235800104_Ciclos_biogeoquimicos_en_bosques_naturales_y_plantaciones_de_coniferas_en_ecosistemas_de_alta_montana_de_Colombia

Loja- La Argelia. (2019). Clima en LOJA/LA ARGELIA - Históricos el tiempo (842700). Retrieved June 28, 2019, from <https://www.tutiempo.net/clima/ws-842700.html>

López, I., Fontenot, J., & García, T. (2011). *Comparaciones entre cuatro métodos de estimación de biomasa en praderas de festuca alta*. 2(2), 209–220.

Magra, G., & Ausilio, A. (2004). Corrección de la acidez de los suelos. *Agromensajes de La Facultad*, 31–33. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/61695602.pdf>

Martínez, E., Fuentes, J. P., & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(1), 68–96. <https://doi.org/10.4067/s0718-27912008000100006>

Montero, J., Lovesio, C., Godoy, M. V., Ruiz, G., Médica, S. C., Parque, S., & Fe, S. (2009). *Descomposición de materia orgánica, biomasa microbiana y emisión de CO₂ en un suelo forestal bajo diferentes manejos selvícolas*. 5, 153–156. Retrieved from http://www.secs.com.es/data/Revista_edafo/Volumen_5_Diciembre_1998_pag_83-93.pdf

Montserrat, V. (1998). Efectos de la diversidad de especies en el funcionamiento de los ecosistemas. *Orsis*, 13, 105–117. Retrieved from <https://www.raco.cat/index.php/Orsis/article/viewFile/24414/24248>

Moreno, R., & García, T. (2011). Fertilización y corrección edáfica de suelos agrícolas con productos orgánicos. *Tecnología y Medio Ambiente*, 9. Retrieved from https://revistas.uax.es/index.php/tec_des/article/view/571/527

- Municipio de Loja. (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Loja 2014-2022*. 547. Retrieved from <https://www.loja.gob.ec/>
- Naudin, K., Gozé, E., Balarabe, O., Giller, K. E., & Scopel, E. (2010). Impact of no tillage and mulching practices on cotton production in North Cameroon: A multi-locational on-farm assessment. *Soil and Tillage Research*, 108(1–2), 68–76. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2010.03.002>
- Osorio, N. (2012). pH en el suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4), 4–7.
- Pacheco, J., & Cabrera, A. (2003). *Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas*. 7, 47–54.
- Puchaicela, M. (2013). *Factores determinantes de la degradación de suelos a nivel de fincas ganaderas en el cantón Gonzanamá caso Changaimina*. 105. Retrieved from [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/20461/1/Puchaicela Valladarez Marlene Rosario.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/20461/1/Puchaicela%20Valladarez%20Marlene%20Rosario.pdf)
- Ramil, P. (2004). *Recursos Rurais*. Retrieved from www.usc.ibader.es
- Ramírez, V., Rendón, L., & Acevedo, L. (2015). Adsorción máxima del fósforo en suelos de la zona andina centro occidental de Colombia. *Sociedad Colombiana de La Ciencia Del Suelo*, 2(2012), 155–163.
- Ramón, C., & Reyes, F. (2005). *Determinación del grado de erosión actual y potencial de los suelos del cantón Catamayo*. 1–38. Retrieved from [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5780/1/RamónVivancoClaudia %20ReyesBuenoFLor.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5780/1/RamónVivancoClaudia%20ReyesBuenoFLor.pdf)
- Reyes, Ó. E., Torres, C. O., & Acevedo, L. R. (2012). Análisis del balance energético de diferentes sistemas de manejo agroecológico del suelo, en el cultivo del maíz (*Zea mays L.*) Energy balance analysis of different agroecological management systems of the soil in the cultures of maize. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(1), 41–46. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4227026>
- Rodríguez, J., Cortiza, A., Pereiara, C., Chacón, A., & Muños, S. (2015). Determinación VIS / NIR del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas Pardos mullidos

- medianamente lavados. *Centro Agrícola*, 42(3), 5–12.
- Rossell, R. (2005). *El concepto de especie en Procariontes*. 14(2), 11–16.
- Sánchez, L., Paolini, J., & Rodríguez, J. (2010). Dinámica de las propiedades del suelo en bosques de *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae) en Isla de Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 58(2), 547–564. Retrieved from <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58n2/a02v58n2.pdf>
- Santos, W., & Castro, D. (2012). *Estudio de la pérdida del recurso suelo mediante el cálculo de tasas de erosión y propuesta de estrategias de manejo de suelos, determinadas por las características socio-ambientales de los andes Ecuatorianos*. 136. Retrieved from <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/7094>
- Tiupul, P. (2014). *Identificación y caracterización de tecnologías campesinas e indígenas usadas para la preservación de la agrobiodiversidad como medidas de adaptación al cambio climático, en tres comunidades de la provincia de Chimborazo*. Retrieved from [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3304/1/13T0784 .pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3304/1/13T0784.pdf)
- Vázquez, M., Piro, A., Millán, G., & Lanfranco, J. (2003). *Corrección de suelos ácidos de la pampa húmeda para la producción de la alfalfa*. 23, 69–80. Retrieved from http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/73-Vazquez.pdf

ANEXOS.

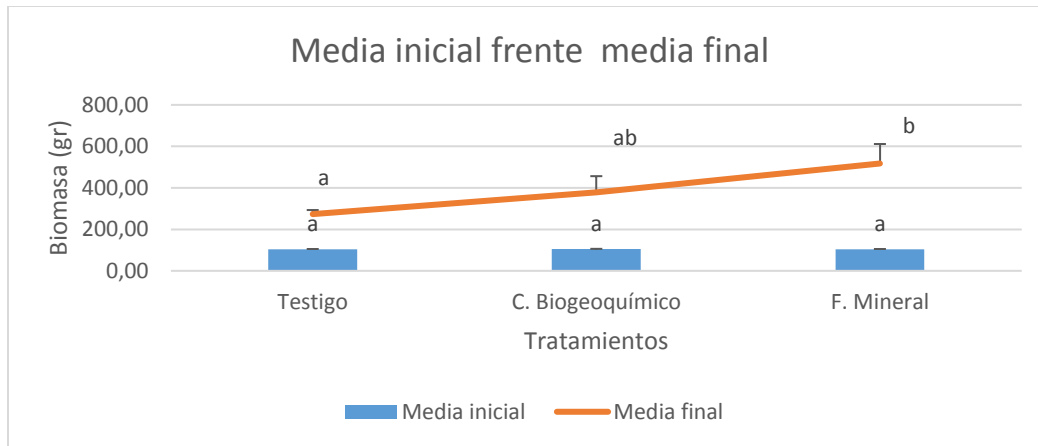


Figura 3: Media inicial frente a la media final.

Fecha de muestreo: 03-01-2019	Fecha de inicio de análisis: 11-01-2019
Fecha de recepción de la muestra: 11-01-2019	Fecha de finalización de análisis: 17-01-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0255	EAUTILM1	pH	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	4,71
		Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	8,53
		Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,43
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	18,0
		Potasio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,27

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Rusbel Jaramillo

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)
BAJO	< 1,0	0 - 0,15	0 - 10,0	< 0,2
MEDIO	1,0 - 2,0	0,16 - 0,3	11,0 - 20,0	0,2 - 0,38
ALTO	> 2,0	> 0,31	> 21,0	> 0,4

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA, COSTA Y AMAZONÍA

	Ácido	Ligeramente Ácido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6 - 6,4	6,5 - 7,5	7,6 - 8,0	8,1



AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO



Q. A. Luis Cacuango
Responsable de Laboratorio
Suelos, Foliare y Aguas



**LABORATORIO DE SUELOS,
FOLIARES Y AGUAS
TUMBACO - ECUADOR**

Figura 4: Resultados e Interpretación de los análisis realizados en laboratorio, correspondientes a los diferentes tratamientos, inicio del proyecto.

Cantón ¹ : Loja	Coordenadas ¹ : Y: ----
Parroquia ¹ : Cajanuma	Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Jhon Mora	
Fecha de muestreo ¹ : 08-08-2019	Fecha de inicio de análisis: 13-08-2019
Fecha de recepción de la muestra: 13-08-2019	Fecha de finalización de análisis: 26-08-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-1428	Testigo	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	4,82
		Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	13,24
		Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,66
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	9,6
		Potasio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,25

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Parroquia ¹ : Cajanuma	Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Jhon Mora	
Fecha de muestreo ¹ : 08-08-2019	Fecha de inicio de análisis: 13-08-2019
Fecha de recepción de la muestra: 13-08-2019	Fecha de finalización de análisis: 26-08-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-1429	Fertilización	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	4,89
		Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	12,23
		Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,61
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	6,8
		Potasio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,16

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Cantón ¹ : Loja	Coordenadas ¹ : Y: ----
Parroquia ¹ : Cajanuma	Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Jhon Mora	
Fecha de muestreo ¹ : 08-08-2019	Fecha de inicio de análisis: 13-08-2019
Fecha de recepción de la muestra: 13-08-2019	Fecha de finalización de análisis: 26-08-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-1430	Ciclos biogeoquímicos	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	4,97
		Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	13,14
		Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,66
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	10,3
		Potasio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,54

Analizado por: Daniel Bedova. Kattv Pastás

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA				
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)
BAJO	< 1,0	0 - 0,15	0 - 10,0	< 0,2
MEDIO	1,0 - 2,0	0,16 - 0,3	11,0 - 20,0	0,2 - 0,38
ALTO	> 2,0	> 0,31	> 21,0	> 0,4

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA, COSTA Y AMAZONÍA					
	Ácido	Ligeramente Ácido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6 - 6,4	6,5 - 7,5	7,6 - 8,0	8,1



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO



Q. A. Luis Cacuango
Responsable de Laboratorio
Suelos, Foliare y Aguas



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS,
FOLIARES Y AGUAS
TUMBACO - ECUADOR

Figura 5: Resultados e Interpretación de los análisis realizados en laboratorio, correspondientes a los diferentes tratamientos, **fin del proyecto.**



Figura 6: Cerramiento del terreno, delimitación de parcelas y corte de mantillo.



Figura 7: Fertilización mineral en (T3), toma de muestras de suelo, estado final de parcela (T2)



Figura 8: Recolección, etiquetado y peso de muestras (biomasa) en cada una de las parcelas.