



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Técnica Particular de Loja

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

MODALIDAD CLÁSICA

ESTUDIO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN UNA CRONOSECUENCIA DE
PASTIZALES EN LOS CANTONES CENTINELA DEL CONDOR Y
YANZATZA DE LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE

Tesis previa a la obtención del Título
de Ingeniero Agropecuario.

AUTOR

Tito Martín Robles Mora

DIRECTOR

Ing. Leticia Jiménez Álvarez

CENTRO UNIVERSITARIO LOJA

2009

CESIÓN DE DERECHOS

Yo Tito Martin Robles Mora declaro conocer y aceptar la disposición del artículo 67 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 las investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad".

Tito Martin Robles Mora

AUTOR

Ing. Leticia Jiménez

DIRECTORA DE LA TESIS

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios
por darme la vida y guiarme
por el sendero del saber;
a mis padres y hermanos
quienes con su comprensión
y apoyo brindado, han logrado
que se haga realidad
uno de mis grandes sueños, además
mis amigos que contribuyeron
de una u otra forma
para la culminación de la misma.

Agradecimiento

Nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Técnica Particular de Loja, en especial al CITTES Servicios Agropecuarios, (Grupo de Suelos) que fueron quienes apoyaron para que este proyecto se haga realidad, al laboratorio de Métodos Instrumentales, al Laboratorio de Química, por facilitarme los materiales e instrumentos para realizar los análisis de suelo, a los propietarios de las fincas donde se realizó el muestreo, quienes brindaron su apoyo y disponibilidad.

Igualmente agradezco al Ing. Celso Romero, Ing. Miguel Guamán, Ing. Fernando Pazmiño, Ing. Juan Ignacio Burneo, Ing. Geovanny Figueroa, Ing. José Guartan, docentes de la Universidad quienes de diferente manera apoyaron al desarrollo presente trabajo.

Mis agradecimientos de manera especial a la Ing. Leticia Jiménez, Directora de la Escuela de Ingeniería Agropecuaria, por incentivar me a la realización de este proyecto, y su dedicación, paciencia y compromiso para conmigo.

Índice de Contenidos:

Cesión de derechos.....	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Índice de Contenidos.....	v
Índice de Tablas y Gráficos	vii
Símbolos utilizados.....	viii
Resumen.....	ix
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivo Específico.....	3
III. Revisión de literatura.....	4
3.1 Edafología.....	4
3.2 Características de lo suelos de zonas tropicales.....	4
3.3 Bosques tropicales.....	6
3.4 pH.....	6
3.5 Materia orgánica total (MOT).....	6
3.5.1 Importancia de la materia orgánica total.....	8
3.6 Materia orgánica particulada (MOP).....	10
3.7 Carbono en el suelo.....	11
3.8 Carbono activo.....	11
IV. Materiales y Métodos.....	14
4.1 Ubicación del ensayo.....	14
4.1.1 Ubicación política.....	14
4.1.2 Clima y ecología.....	15
4.1.3 Geología.....	15
4.2 Materiales.....	15
4.2.1 Equipos de laboratorio.....	15
4.3 Metodología.....	16

4.3.1	Metodología para el primer objetivo.....	16
4.3.1.1	Identificación del área de estudio.....	16
4.3.1.2	Características morfológicas del suelo.....	16
4.3.1.3	Muestreo del suelo.....	17
4.3.1.4	Tratamiento y codificación de las muestras minerales.....	18
4.3.1.5	Análisis de las características del suelo.....	18
4.3.1.6	Implementación del análisis del suelo.....	19
4.3.2	Metodología para el segundo objetivo.....	19
4.3.2.1	Características morfológicas del suelo de la finca piloto.....	19
V.	Resultados y discusiones.....	20
VI.	Conclusiones.....	28
VII.	Recomendaciones.....	29
VIII.	Bibliografía.....	30
IV.	Anexos.....	34

Índice de Tablas y Gráficos:

Tabla 1. Resumen de los resultados químicos del pH , nitrógeno, fósforo y materia orgánica de la zona 1 de los pastizales de 10, 20 y 30 años y bosque de los cantones Centinela del Cóndor y Yanzatza de la provincia de Zamora Chinchipe.....	26
Gráfico 1. Ubicación de las áreas de Estudio de los cantones Centinela del Cóndor y Yanzatza de la provincia de Zamora Chinchipe.....	14
Gráfico 2. Diseño Experimental del Área de Estudio.....	17
Gráfico 3. Contenido de pH del horizonte mineral en pastizales de 10, 20 y 30 años y bosque de los cantones Centinela del Cóndor y Yanzatza de la provincia de Zamora Chinchipe.....	22
Gráfico 4. Porcentaje de MOT del horizonte mineral en pastizales de 10, 20 y 30 años y bosque de los cantones Centinela del Cóndor y Yanzatza de la provincia de Zamora Chinchipe.....	23
Gráfico 5. Contenido del COA mg/kg del horizonte mineral en pastizales de 10, 20 y 30 años y bosque de los cantones Centinela del Cóndor y Yanzatza de la provincia de Zamora Chinchipe.....	24
Gráfico 6. Correlación del COA y la MOT del horizonte mineral en pastizales de 10, 20 y 30 años y bosque de los cantones Centinela del Cóndor, y Yanzatza de la provincia de Zamora Chinchipe.....	25
Gráfico 7. Contenido de MOP del horizonte mineral en pastizales de 10, 20 y 30 años y bosque de los cantones Centinela del Cóndor y Yanzatza de la provincia de Zamora Chinchipe.....	26

Símbolos Utilizados.

C	Carbono
Ca	Calcio
CETTIA	Centro de Transferencia de Tecnología e Investigación Agroindustrial.
cm	Centímetros
COA	Carbón orgánico activo
COS	Carbón orgánico del suelo
g/kg	Gramo por kilogramo
IGM	Instituto Geográfico Militar
K	Potasio
m	Metros
Mg	Manganeso
mg/kg	Miligramo por kilogramo
MO	Materia orgánica
MOP	Materia orgánica particulada
MOS	Materia orgánica del suelo
MOT	Materia orgánica total
m s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
N	Nitrógeno
P	Fósforo
Pg	Gigatonelada
pH	Potencial Hidrógeno
µm	Micrómetros
Z1	Zona uno
Z2	Zona dos
Z3	Zona tres
Z4	Zona cuatro

Resumen

Los bosques tropicales del Sur del Ecuador están siendo deforestados para ser transformados a pastizales, por lo que es importante conocer el efecto de estos impactos en las características del suelo y su evolución tras un periodo prolongado de uso ganadero.

El presente trabajo de investigación fue realizado en los cantones Centinela del Cóndor y Yanzatza de la provincia de Zamora Chinchipe, la cual se encuentra ubicado al sur este del Ecuador. En este estudio se han comparado varios parámetros de los suelos de bosques de la provincia de Zamora Chinchipe, con los de pastizales de (10-20-30 años). Se tomaron un total de 256 muestras de suelo de pastizales y bosques, a una profundidad de 0-20 cm, en cuatro localidades. Para cada muestra se determinó (**pH, MOP, COA, MOP**), los datos obtenidos se los analizó mediante la prueba de Shapiro Wilk para determinar su normalidad, y se utilizó modelos mixtos para determinar su diferencia estadística.

El **pH** de los bosques y pastizales de 10, 20 y 30 años fueron de fuertemente ácido a medianamente ácido, encontrándose mayor acidez en los bosques, y un contenido de **MOT** alto para el bosque y pasto de 10 y 30 años. Los pastizales de 20 años presentaron pH menos ácidos y los porcentajes de **MOT** más bajos. Existió mayores valores de **COA** en el bosque y en los pastizales de 10 años y en menor valor en los pastizales viejos (20 y mayor a 30 años); la **MOP** presentó valores altos conjuntamente con los de **MOT** en los pastizales de 10, 20 y 30 años y el bosque. La zona 1 seleccionada como finca piloto presentó suelos con elevada acidez, bajo contenido de fósforo, contenido de medio a alto de **MOT** y **N** para la cual se recomendó realizar un manejo integrado, que mejoren las condiciones físicas y químicas del suelo de la finca.

Palabra clave: Bosque tropical, suelos tropicales, **pH, MOT, COA, MOP.**

INTRODUCCIÓN:

Según Aguirre (2000), en el Ecuador los Bosques Tropicales de montaña presentan un gran número de microclimas y con ello una diversidad biológica debido a su compleja topografía, es así que estos son vulnerables al desequilibrio ecológico provocado por factores humanos y naturales

En nuestro país, la conversión de tierras para la producción agropecuaria debido al incremento demográfico, ha generado impactos al ambiente, así según las estadísticas publicadas por el MINTUR, 2005 (Ministerio de Turismo); del área total del país (25,6 millones ha) en la actualidad el 35 % (8,8 millones de ha) corresponden a bosques remanentes, los mismos que se están deforestando indiscriminadamente a un ritmo de 198 000 ha por año, sin considerar que éstos bosques ayudan a mantener el equilibrio ecológico y la biodiversidad, protegen las cuencas hidrográficas e influyen en las tendencias del clima, convirtiéndose en una herramienta importante para la conservación, y desarrollo de los bosques para el bienestar de los seres humanos (Aguirre, 2000).

Según Iñiguez (1976), debido a la intervención humana, especialmente por la colonización, se manifiesta cada día con mayor intensidad la explotación de los bosques naturales de la región oriental ecuatoriana. La explotación que se realiza en forma desordenada, sin ninguna planificación, para el establecimiento de pastizales y limitados cultivos agrícolas, sin considerar el uso potencial del suelo, lo que trae como consecuencia una degradación de los recursos naturales produciéndose un desequilibrio en el ecosistema.

Según Vilca (1994), la superficie de pastos se ha incrementado en mayor proporción que la masa ganadera, justamente para compensar el bajo rendimiento de los pastizales. Un mejoramiento de los pastos provocará un aumento rápido de los niveles de productividad de la ganadería de la región oriental y del país, cuyo principal cuello de botella sigue siendo la alimentación.

En la región Amazónica e Insular, se ubican 849 881 ha, lo que significa el 18,94 % del total de pastos, correspondiendo el 1,16 % a la provincia del Napo y el 0,8 % a la provincia de Zamora Chinchipe (Vilca, 1994).

De la totalidad de los pastos cultivados en el país, según estudios realizados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (1999), determinan que el 9 % son pastos naturales y el 27 % corresponde a pastos cultivados. El área potencial para cultivo de pastos alcanzaría a 6 490 400 ha, lo que representa la cuarta parte de la superficie potencial agrícola, pecuaria y forestal.

El cambio de cobertura del suelo de bosque a pasto, es realizado utilizando la quema, tala y roza de arboles, ocasionando alteraciones en las propiedades físico, químicas y biológicas (Alvarado, 2004).

La presente investigación pretende conocer el efecto del uso del suelo en el contenido de materia orgánica y carbono activado, al tener una cronosecuencia en pastizales de (>30, 20 y <10 años), utilizando una zona de bosque como testigo, lo que nos permitirá tener una idea clara de las consecuencias de la transformación del bosque en pastizales; y, el efecto que los pastos (> a 30 años, 20 años y < 10 años) puede tener sobre estos parámetros (**MO** y **CA**) en el suelo.

II. OBJETIVOS

Objetivo General:

- Estudiar el efecto de una cronosecuencia de pastizales mayores de 30, de 20 y 10 años aproximadamente y el bosque como testigo, sobre la Materia Orgánica del suelo en Zamora Chinchipe.

Objetivos Específicos:

- Determinar la materia orgánica total, materia orgánica particulada y Carbono activo en suelos de una cronosecuencia de pastizales.
- Recomendar el manejo de una finca piloto (10, 20, 30 años respectivamente) en base a los resultados obtenidos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 EDAFOLOGÍA:

Ciencia que estudia las características de los suelos, su formación y evolución (edafogénesis), propiedades físicas, morfológicas, químicas y mineralógicas y su distribución. Comprende el estudio de las aptitudes de los suelos para la explotación agraria o forestal (Bussmann, 2002).

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE ZONAS TROPICALES:

Se estima que en América Tropical existen alrededor de 548 millones de ha de tierras agrícolas, lo cual representa el 13 % del territorio. De estas, un 77 % son pasturas y sistemas agropastoriles y silvopastoriles, la mayor parte de ellos creados en áreas donde anteriormente existían bosques u otro tipo de vegetación nativa (Valarezo, 1980).

En la región sur del Ecuador, y en especial en la provincia de Zamora Chinchipe, se encuentra una diversidad de suelos, con diferencias significativas en cuanto a grado de desarrollo, propiedades físico-químicas, estado de fertilidad y capacidad de uso (Valarezo, 2004).

Según Valarezo (2004) los suelos de la región amazónica son suelos poco evolucionados de textura arenosa o limosa, los riesgos de inundación son muy variables a causa de las importantes diferencias de altitud respecto al río Zamora de (3 a 10 m), donde se puede distinguir varios niveles de terrazas. En general el drenaje es correcto y la estructura bien desarrollada superficialmente.

Sus suelos actualmente a más de ser utilizados en pastizales sirven para cultivos de subsistencia, (banano, yuca, maíz). La fertilidad del suelo parece poder soportar un mínimo de 10 años de explotación agrícola (Valarezo, 2004).

El cambio de cobertura que se da en el suelo de bosque a pasto, es realizado utilizando la quema, tala y roza de árboles, ocasionando alteraciones en las propiedades físico-químicas y biológicas (Alvarado, 2004).

Entre los efectos que estas producen tenemos:

- Rápida descomposición de la materia orgánica por los microorganismos.
- Pérdida de materia orgánica muy rápida, inmediatamente después de la quema.
- Pérdida de considerables cantidades de nutrientes o bioelementos (volatilización del azufre y nitrógeno en menor cantidad).
- Lavado extenso de nutrientes en todo el perfil del suelo.
- Pérdida por lixiviación de cantidades apreciables de nutrientes, temporalmente disponibles, los cuales no son tomados rápidamente por los cultivos después de la tala y quema.
- Reducción drástica en la disponibilidad de ciertos nutrientes, debido a su fijación (especialmente el fósforo).
- Pérdida de nutrientes por supresión de la biomasa existente antes de la quema, lo cual minimiza el rendimiento sostenido de una producción agrícola a largo plazo.
- Problemas de un crecimiento excesivo de malezas (Fassbender, 1975).

Entre otros cambios que se han observado en zonas tropicales, están las altas temperaturas del suelo las que influyen en el cambio de la microfauna de este, y en aquellas especies invasoras que son resistentes a altas temperaturas, por lo que permanecen en estado de latencia y cuando comienza a brotar, aparecen con más fuerza (Ewel, 1981; Sánchez, 1981).

3.3 BOSQUES TROPICALES:

Los suelos de los bosques tropicales se consideran altamente fértiles, por la diversidad de vida que mantienen, pero, no siempre esto es cierto ya que se produce la rápida descomposición de los residuos depositados sobre el suelo liberando nutrientes que se pierden por acción de las fuertes precipitaciones, dejando un suelo pobre y deficiente de nutrientes disponibles para las plantas (Gallardo, 2002).

Según estudio de Aguirre (2000), los bosques naturales de la provincia de Zamora Chinchipe se están desbastando a una velocidad alarmante, extensas áreas de bosques han sufrido el impacto de las actividades humanas, además la tala selectiva, que puede ser soportada por el ecosistema natural y la deforestación total para el establecimiento de potreros siguen causando estragos.

3.4 pH:

Según Navarro (2000), el **pH** es solo una manera de expresar la concentración del ión hidrógeno, que es el grado de acidez o de alcalinidad de una solución, características que dependen de las concentraciones de los iones hidrógeno e hidroxilo. Cuando las concentraciones de iones hidrógeno es mayor que la de aniones hidroxilo en una solución, ésta se la considera ácida. Por el contrario cuando la proporción de hidroxilo es mayor que hidrógeno, la solución es básica o alcalina. El pH se mide en una escala de 1 a 14 (Gispert, 2001).

3.5 LA MATERIA ORGÁNICA TOTAL (MOT):

Según Vilca (1994), la **MO** del suelo, comúnmente llamada humus, se deriva principalmente de residuos vegetales, pero también forman parte de ella los excrementos y despojos de animales. El ritmo de descomposición de la **MO** depende en gran parte de la temperatura atmosférica, del régimen de lluvias, de la humedad ambiental y de las condiciones del suelo, descomposición que

es más rápida en las regiones tropicales que en zonas templadas, lo que hace que la **MO** no sea la misma en todos los suelos; la misma está formada por compuestos de carbono como, polisacáridos, celulosa, hemi-celulosa, ligninas, sustancias pépticas y otros, estos poseen propiedades físico-químico-biológicas diferenciales que son responsables de cambios y actividades fundamentales del suelo (Valarezo, 2004).

De acuerdo a Parton (1987), la **MO** se divide en tres fracciones; activa, lenta y pasiva con tiempos de descomposición de mayor a 1 año, 5-25 años y 1000 años, respectivamente. La fracción activa constituye alrededor de un 5-10 % donde incluye la biomasa microbiana y las sustancias fácilmente descompuestas como exudados que provienen de las plantas y microbios. La fracción lenta constituye de un 20 a un 40 % donde incluye residuos orgánicos químicamente complejos o medio descompuestos que se encuentran disponibles a los microorganismos (usualmente existen entre los macroagregados del suelo) y que aun no es considerada como humus. Y la pasiva de 40 a 70 % de la **MOT** del suelo, donde incluye los compuestos químicos complejos que son difícilmente descompuestos o existen dentro de los microagregados y consecuentemente no son físicamente disponibles a los microorganismos. Las fracciones activa y lenta de la **MO** estarían principalmente comprendidas en la fracción de la **MOP**.

En suelos forestales existen diferencias en la distribución de la **MO** debido a la forma en la cual la cama de las hojas, se mezclan con el material mineral. La **MO** de los bosques proviene de hojas, troncos y raíces de la vegetación. Esta no presta beneficio significativo ya que no da aportes nuevos, sino solo compensa los que tomó. La descomposición se lleva en dos procesos simultáneos, el primero consiste en transformar todos estos restos en humus (humificación), para posteriormente desaparecer y transformarse en elementos minerales, CO₂ y agua (mineralización). Cerca del 50 % del humus es C, 5 % es N, y 0,5 % es P (Alvarado, 2004). En suelos con pastos, sus raíces muertas contribuyen a la cantidad de materia orgánica humificada, y la síntesis del

humus. Según Fízt (1996), señala que, diversos ecosistemas tienen diferentes cantidades de **MO**, debido a las distintas temperaturas y a los niveles de descomposición. En general, aproximadamente de un 2 a un 5 % de la **MOS** es mineralizada cada año. Esto varía drásticamente, dependiendo del ambiente.

Según Fízt (1996), entre los factores que afectan a la **MO** en el suelo son;

- Vegetación.
- Clima: humedad y temperatura
- Textura del suelo.
- Drenaje.
- Hombre.

La **MOS** se puede dividir en dos grupos:

- Materia orgánica particulada (fracción activa).
- Humus (materia orgánica en transición).

3.5.1 Importancia de la MOT:

Según Restrepo (1999), la **MO** es importante como centro de abastecimiento de nutrientes, debido a su gran capacidad de intercambio catiónico. Juega un papel directo en la fertilidad del suelo, como fuente de nutrimentos, al liberar estos durante la mineralización, la misma que es parte fundamental de los ciclos de carbono y nitrógeno.

La importancia funcional de la **MO** varía sistemáticamente con su edad. Los materiales más jóvenes son los biológicamente más activos, aquellos de edad intermedia contribuyen notablemente al estado físico edáfico, mientras que los más antiguos presentan una marcada influencia sobre el suelo (Haynes, 2000; Six, 2002). Entre los aportes que brinda la **MO** tenemos:

Aportes físicos de la materia orgánica:

- Conserva la humedad.
- Evita el impacto directo de las gotas de agua sobre el suelo.
- Reduce la erosión.
- Facilita el drenaje y el laboreo.
- Aumenta la estabilidad estructural.
- Mantiene un régimen térmico más estable.
- Reduce la degradación de las partículas del suelo y el encostramiento superficial (Restrepo, 1999).

Aportes químicos de la materia orgánica:

- Regula el **pH**.
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- Favorece la fertilidad fosfatada del suelo.
- Mantiene las reservas y el balance estable del nitrógeno en el suelo.
- Aumenta el poder de retención de macronutrientes como: Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Nitrógeno, etc.
- Formación de compuestos, con una gran libertad de movimiento en el suelo (Restrepo, 1999).

Aportes biológicos de la materia orgánica:

- Favorece la respiración radicular.
- Regula la actividad macro y microbiológica del suelo.
- Se transforma en una de las principales fuentes energéticas para microorganismos.
- Modifica e incrementa la actividad enzimática.
- Incrementa la actividad de la rizósfera.
- Mejora la nutrición y la disponibilidad de los minerales para los cultivos (Restrepo, 1999).

3.6 MATERIA ORGÁNICA PARTICULADA (MOP):

Según Fabrizzi (2003) la **MOP** o materia orgánica joven (fracción física de gran labilidad) indica el tamaño del comportamiento fácilmente mineralizable de nutrientes, esto contribuirá a predecir la capacidad de mineralización de **N** edáfico. Es una fracción menos transformadora y por su menor grado de asociación con la parte mineral del suelo resulta una fracción más susceptible a la oxidación. Constituye la parte más dinámica de la **MO** del suelo y se encuentra asociada a la disponibilidad de los nutrientes (**N, P** y **S**) en el corto plazo.

La **MOP** forma parte de restos en distintos grados de descomposición y de fracciones asociadas a la fracción mineral, estas son más sensibles a los cambios producidos por las prácticas de manejo de suelo (labranza) y de cultivo (fertilización, riego), los que pueden ser usados como indicadores tempranos de tales efectos (Alvarado, 2004).

Es el material orgánico más joven y activo del suelo, formada por partículas de mayor tamaño que el humus, en forma libre en la matriz mineral, por tal razón es más liviana que los complejos órgano-minerales, donde representa una fuente importante de nutrientes disponibles ya sea a corto o mediano plazo (Alvarado, 2004).

Según Fabrizzi (2003), la **MOP** sirve como un indicador de los efectos del manejo y de la calidad del suelo. Esta fracción da información acerca de la biomasa microbiana o la respiración del suelo, así como de la calidad y productividad de los ecosistemas.

3.7 CARBONO EN EL SUELO (C):

Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra, y sus suelos que contiene cerca del 40 % del total del carbono, son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques (Barbosa, 1998).

El **C** en el suelo se encuentra en forma orgánica e inorgánica; la forma orgánica representa la mayor reserva en interacción con la atmósfera y se estima en cerca de 1500 **Pg** de **C** a un metro de profundidad y cerca de 2456 **Pg** a dos metros de profundidad. El carbón orgánico presente en los suelos naturales representa un balance dinámico entre la absorción de materia vegetal muerta y la pérdida por descomposición (mineralización). En condiciones aeróbicas del suelo, gran parte del **C** que ingresa es lábil y solo una pequeña fracción (1 %) del que ingresa (55 **Pg** año⁻¹) se acumula en la fracción húmica estable (0,4 **Pg** año⁻¹) (Barbosa, 1998).

En pasturas bien manejadas donde antes fueron bosques, los sistemas radicales de los pastos pueden redistribuir el **C** en las capas más profundas del suelo, donde se almacena en formas más estables y es menos susceptible a oxidación, dando como resultado la recuperación del **C** gracias a la materia orgánica de los pastos (Amezquita, 1991).

Según Barbosa (1998), señala que por lo general en bosques naturales el **C** del suelo está en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación o la reforestación, ese equilibrio es afectado.

3.8 CARBONO ACTIVADO:

El carbón activo es la materia orgánica de alta calidad y fácilmente degradable. Está compuesta por biomasa microbiana, metabolitos libres, sustancias no húmicas y por ácidos fúlvicos lábiles; representan entre 10 y 20 % de la materia orgánica del suelo y tienen un recambio de 1,5 años aproximadamente (Fabrizzi, 2003).

Es un material de **C** poroso que tiene un área superficial alta, la que es medida por la absorción del **N**, se caracteriza por una cantidad grande de micro poros (poros menores de 2 nanómetros), su proceso de activación actúa eficientemente al mejorar y aumentar el área superficial (Puget, 2004).

El Carbono activo se compone de un 75-80 % de carbono y de un 5-10 % de cenizas, posee una capacidad de absorción elevada y se utilizan para la purificación de líquidos y gases. Es un absorbente muy versátil, porque el tamaño y la distribución de sus poros en la estructura carbonosa pueden ser controlados para satisfacer las necesidades de la tecnología actual y futura (Puget, 2004).

Se presenta de forma general en: carbón activado granulado, que consiste en partículas de 0,1-1 mm de diámetro y carbón activo en polvo, en el que la mayoría de las partículas tienen diámetro de 50 a 100 μm (Cambardella, 1992).

Según Frabrizzi (2003), el carbón activo está formado por materiales con relación C/N relativamente alta (alrededor de 15 a 30) y la mitad de estos materiales puede metabolizarse en el término de algunos meses o algunos años. Probablemente, sus componentes incluyen la biomasa viva, algunos de los detritus de partículas finas (llamados materia orgánica particulada), la mayoría de los polisacáridos, sustancias no húmicas, y algunos ácidos fúlvicos mas lábiles (fácilmente descomponibles).

Esta fracción activa provee la mayoría del alimento prontamente accesible a los organismos del suelo y la mayor parte del nitrógeno rápidamente mineralizable. Es responsable de casi todos los efectos benéficos sobre la estabilidad estructural que llevan a mejorar la infiltración de agua, la resistencia a la erosión y la facilidad de labranza (Young, 1989).

La fracción activa puede ser incrementada rápidamente por la adición de residuos vegetales y animales frescos, pero igualmente se puede perder rápidamente cuando se reduce estas adiciones o por intensificación del laboreo. Raramente esta fracción comprende más del 10 a 20 % de la materia orgánica total (Fabrizzi, 2003).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO

4.1.1 Ubicación Política:

El trabajo se realizó en la en la provincia de Zamora Chinchipe, situado al sur-este del Ecuador, en los cantones Centinela del Cóndor y Yantzaza (**Gráfico 1**). Las zonas presentan altitudes medias en torno a 924 m s.n.m. Y entre las coordenadas:

9567730 Latitud sur
743070 Longitud norte



Gráfico 1: Ubicación del área de estudio

4.1.2 Clima y Ecología

Las zonas muestreadas tienen un clima cálido tropical húmedo, con una temperatura media anual de 25 °C y una precipitación media anual de 2100 mm (Almanaque ecuatoriano 2002).

4.1.3 Geología

Los suelos pertenecen a la serie Yanzatza de la provincia de Zamora Chinchipe, corresponden al paleozoico, por la presencia de rocas ígneas Jurásicas, Sedimentarias Cretácicas de la edad mesozoica y una gama de depósitos superficiales del Cuaternario (Instituto Ecuatoriano de Minería DGGM 1986).

En la región del estudio los suelos dominantes son Inceptisoles, del suborden Aquepts, del gran grupo Trophaquepts y del subgrupo Fluventic (Instituto Ecuatoriano de Minería DGGM 1986).

Los suelos son muy ácidos (pH 4,6 y 4,8 respectivamente). El contenido de **MOS** es muy alto en la primera capa y alto en la segunda. El **P** aprovechable es muy bajo en todo el perfil (Valarezo et al., 1998).

4.2 MATERIALES

Barreno, fundas plásticas etiquetadas, flexómetro, GPS, navaja, piola, libreta de campo, cámara fotográfica.

4.2.1 Equipos de Laboratorio

Balanza de precisión, agitador magnético, pipetas, balón de aforo, frascos de plástico, celdas, vasos de precipitación, agitador, soporte, embudo de vidrio, doble nuez, un anillo, tamiz de 53 micrómetros, espátulas, matraces, peras, crisoles, tamiz, computadora, estufa, mufla, agitador, desecador

METODOLOGIA:

4.3.1. Metodología para el Primer Objetivo:

- Determinar la materia orgánica total, materia orgánica particulada y Carbono activo en suelos de una cronosecuencia de pastizales.

4.3.1.1. Identificación del Área de Estudio:

Se seleccionó como área de estudio las zonas de Zumbi, Panguitza, La Hueca, Mutinza, considerandose que presenten las condiciones necesarias para llevar a cabo dicho objetivo (bosque y pastizales de mayor a 30, aproximadamente 20 y menor a 10 años) (**Gráfico 2**), se consideró la disponibilidad del terreno, pendiente comprendidas entre 20 y 35 % aproximadamente, altitud, manejo del terreno.

4.3.1.2 Características morfológicas del suelo

En las zonas seleccionadas se procedió a registrar las diferentes características como: pendiente, altitud y coordenadas, las que se midió en el lugar en el que referencio el punto de muestreo, con la ayuda GPS respectivamente, Posteriormente etiquetando las muestras de suelo de cada parcela, evitando de esta forma confusiones en el manejo del material obtenido en el campo.

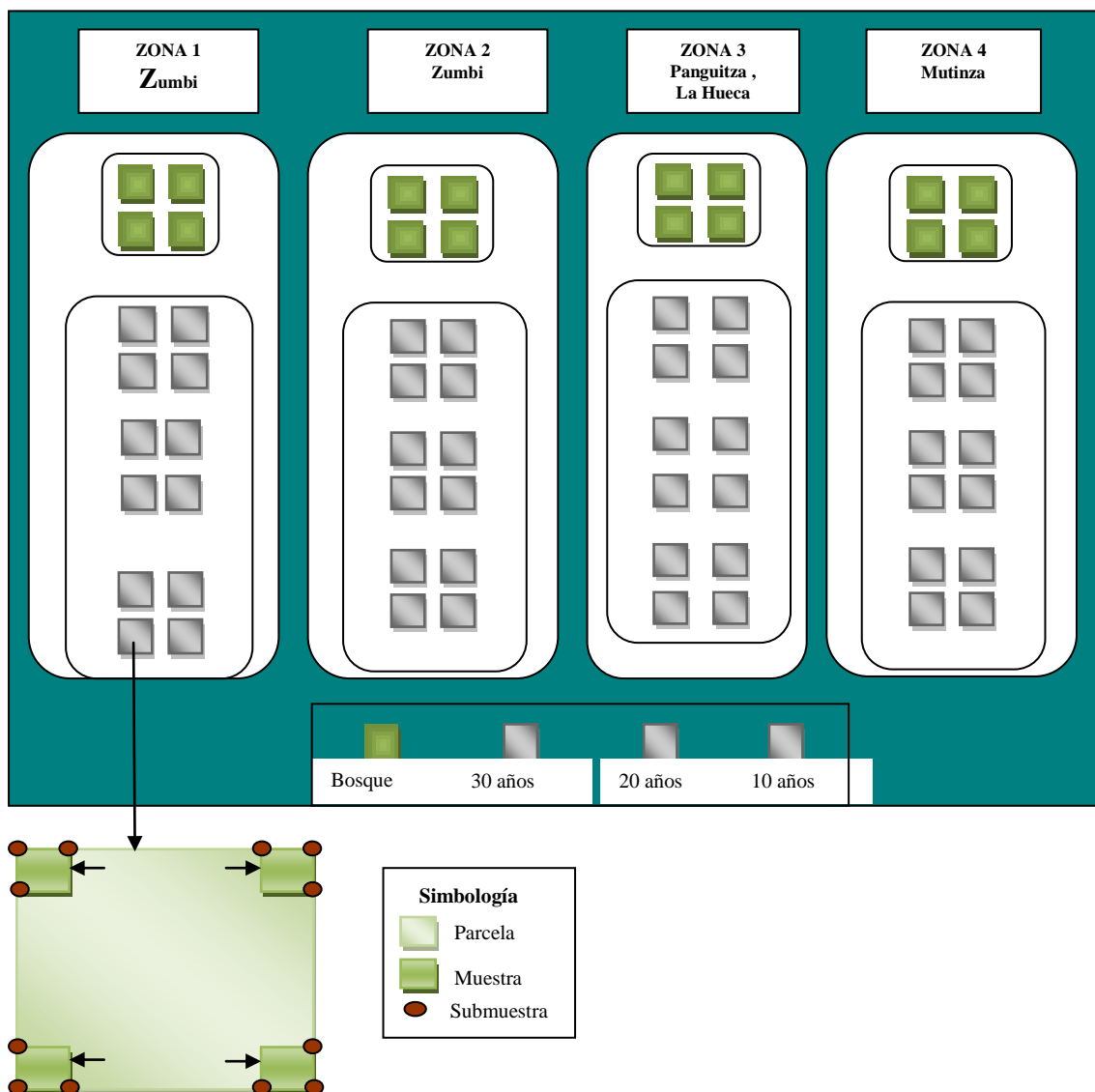


Gráfico 2: Diseño experimental del área de estudio

4.3.1.3. Muestreo del Suelo:

Dentro de las parcelas establecidas para la evaluación del trabajo, se efectuó el muestreo del suelo de cada una de las parcelas.

En lo que respecta al muestreo del suelo, se llevó a cabo el siguiente diseño: dentro de las parcelas de 225 m² (15 x 15 m), se trazó un cuadrante, de 1 x 1 m, recolectándose 4 muestras (componente mineral y orgánico,

respectivamente si se encontraba) por parcela. Cabe mencionar que para cada muestra se tomó 3 submuestras para su posterior homogenización para la conformación de una muestra por cuadrante.

La recolección de todas las muestras del componente mineral, se la efectuó a una profundidad de 20 cm. para cada una de las parcelas evaluadas, para finalmente ser llevadas al laboratorio para su respectivo análisis.

4.3.1.4. Tratamiento y Codificación de las muestras Minerales:

La codificación de las muestras de suelo colectadas, se la realizó en campo para su posterior verificación y ordenamiento para finalmente ser analizados en laboratorio.

4.3.1.5. Análisis del suelo:

Determinación del pH: Método del potenciómetro con agua desionizada relación (1:2,5) (Luzuriaga & Mendoza, 1992).

Determinación de Materia Orgánica: Método de Walkley y Black (Ácido Sulfúrico (concentrado) + Ácido Orto-fosfórico (concentrado) + Solución Dicromato de Potasio (1 N) (Nelson & Sommers, 1996).

Determinación de la materia orgánica particulada: Separación física con tamiz de 53 μm (Cambardella, 1992).

Determinación del carbono activo: Método de oxidación con permanganato de potasio (Ray, 2003).

4.3.1.6. Implementación del análisis del suelo:

Los análisis químicos, de los suelos se los llevó a cabo en las Instalaciones del (CETTIA) Laboratorio de Métodos y Análisis Instrumentales, de la Universidad Técnica Particular de Loja.

4.3.2 Metodología para el segundo objetivo:

- Recomendar el manejo de una finca piloto (10, 20 y 30 años respectivamente) en base a los resultados obtenidos.

Se seleccionó como finca piloto la zona 1 correspondiente a Zumbi – sector Nanguipa Alto, para lo cual fueron considerados los resultados en base a los datos de **MOT**, **pH**, **P**, **N**, en relación a las edades de 10, 20 y 30 años respectivamente.

4.3.2.1 Características morfológicas del suelo de la finca piloto:

En la finca piloto se procedió a registrar las diferentes características como: pendiente, altitud y coordenadas, las que se midió en el lugar en el que referenció el punto de muestreo, con la ayuda de GPS respectivamente, posteriormente al etiquetado de las muestras para evitar confusiones en el manejo del material.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Objetivo 1:

El **pH** en las zonas estudiadas para los diferentes tratamientos fue de medianamente ácido a fuertemente ácido, esto pudo ser debido a las intensas precipitaciones (alrededor de 2100 mm anuales) en sintonía con los resultados hallados en otros trabajos (Alves y Paz, 2003; Valarezo et al., 1998).

Al analizar el **pH** en las zonas muestreadas, para cobertura de pasto y bosque a profundidad de 0-20 cm. **Gráfico. 3** se observó que existió diferencia significativa entre el bosque y los pastizales de las diferentes edades ($p < 0,01$); en el bosque se encontró los valores más bajos de **pH** de 4,47 y los valores menos ácidos los encontramos en los pastizales de 30 y 20 años con un promedio de 5,22, esto puede ser debido al manejo que se le dio a los pastizales como probablemente quemas, y la ceniza como residuo de estas quemas tiende a aumentar el **pH** (Edén et al., 1990; Morales et al., 1996), también se asume que esto pudo darse porque las zonas de bosque están en los lugares más altos que los pastos, como consecuencia de un lavado de las bases hacia a las zonas bajas, debido a las intensas lluvias (Valarezo, 1998).

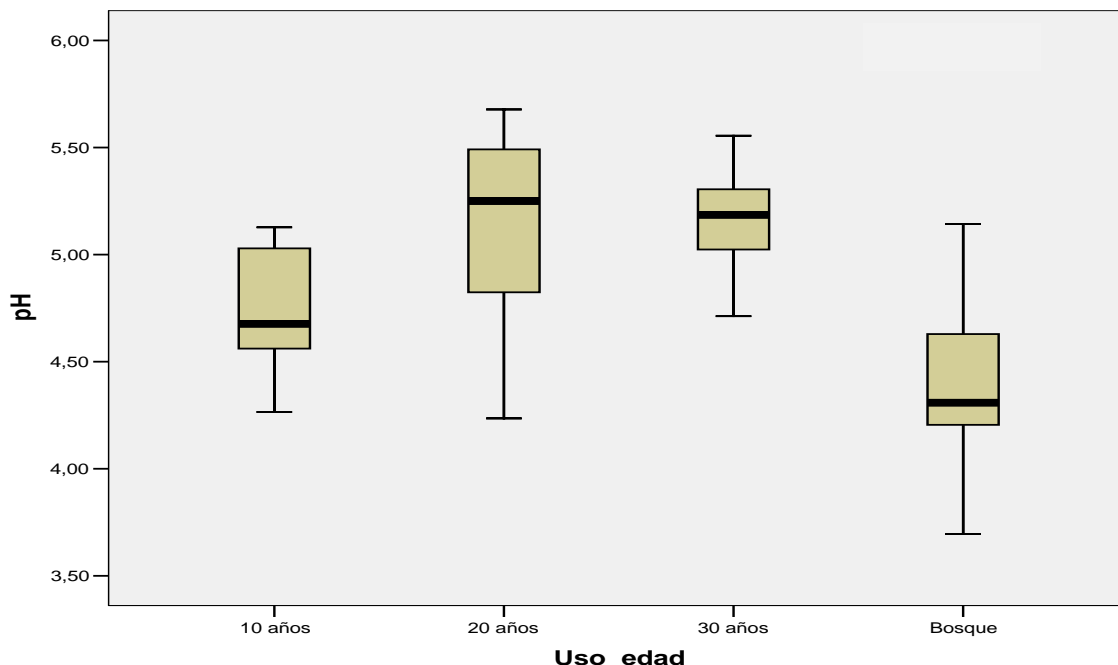


Grafico 3: pH del suelo (horizonte mineral) en pastizales de 10-20-30 años y bosque de los Cantones Centinela del Cóndor y Yanzatza de la Provincia de Zamora Chinchipe.

Los resultados obtenidos de la materia orgánica del suelo **MOS**, permitieron observar, que en el suelo el contenido de **MOS** para el bosque y los pastizales de (10, 20 y 30 años) a una profundidad de 0-20 cm. **Gráfico 4**, no presentaron diferencia significativa entre los valores existentes, esto se puede presentar ya que el bosque tiene aporte de hojarasca, lo que ayuda a incrementar la cantidad de **MOS**, se debe tomar en cuenta que los pastizales cubren el suelo protegiendo la capa superior de la erosión, por lo tanto la alta o baja cantidad que haya de ésta se mantendrá, además la orina y el estiércol de ganado aportan como **MOS** y ciertos nutrientes como: nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros (Alvear, 2002). Los valores más bajos se encontraron en los pastizales de 20 años y los más altos en bosque, pastizales de 10 y 30 años (similar en las tres edades), sin embargo no existió diferencia significativa, esto pudo ser debido a que en el bosque y en pastizales se manifiesta una gran eficiencia en el ciclo biogeoquímico con un rápido reciclaje de material vegetal como lo manifiesta (Alvarado, 2004).

Se observó que los suelos de pastizales de 20 años presentaron los porcentajes de **MO** más bajos y **pH** menos ácidos y, sin embargo no existió correlación significativa ($r > 0,119$), caso contrario a otros trabajos como Valarezo, (1998), que encontraron a mayor contenido de materia orgánica menor **pH**, porque la materia orgánica tiende a acidificar el suelo.

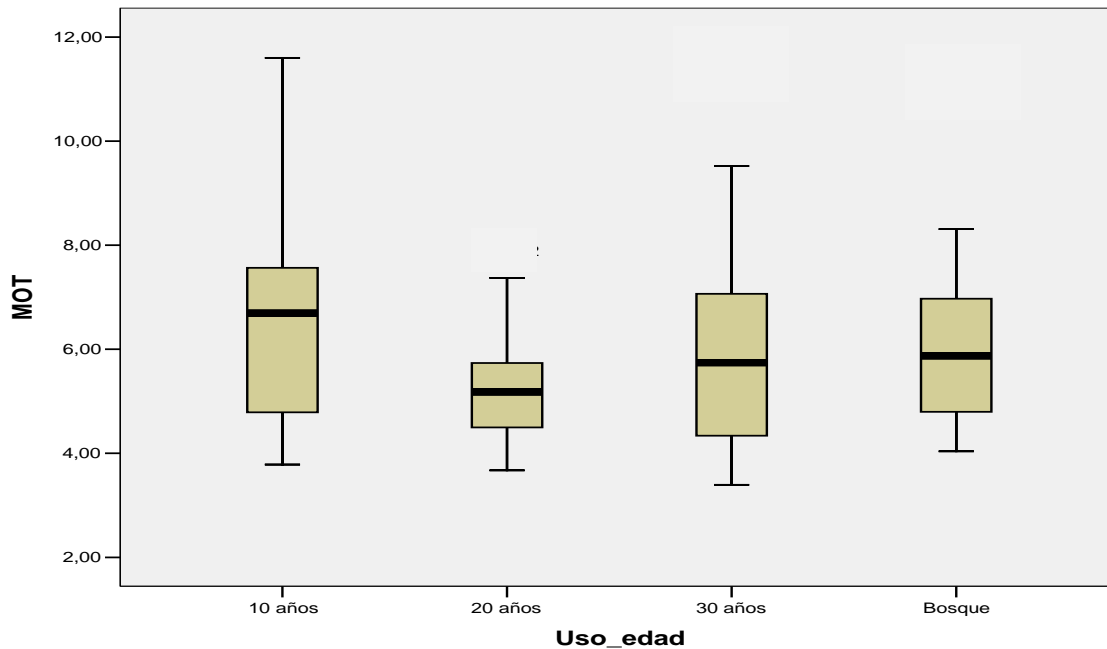


Grafico 4: Porcentaje de **MOT** del horizonte mineral en pastizales de 10-20-30 años y bosque de los Cantones Centinela del C6ndor y Yanzatza de la Provincia de Zamora Chinchipe

Las concentraciones de carbono org6nico activo presentaron diferencia significativa ($p < 0,05$), observ6ndose que existi6 mayores valores en el bosque y en los pastizales de 10 a6os, y un menor valor en los pastizales de 20 y 30 a6os, esto pudo darse a que el bosque talado y convertido a pastizal (menor a 10 a6os) todav6a mantendr6a las caracter6sticas del suelo como en el caso del carbono activo, y en el bosque el aporte continuo de la hojarasca aporta con carbono al suelo; observ6ndose lo contrario en los pastizales viejos (20 y mayor a 30 a6os) como lo menciona Davidson et al, (1993); y Barbosa (1994) donde se6alan que en los pastizales el **COA** se pierde en un determinado porcentaje, a los existidos en el bosque, aunque el pasto es una buena fuente de carbono para el suelo, no es suficiente para compensar las p6rdidas del carbono del suelo forestal, esto ocurre cuando se reemplaza los bosques a pastos.

En los estudios realizados por Bendeck (1992), obtuvo resultados diferentes a los encontrados en este trabajo, mencionando que el carb6n org6nico activo no cambia al reemplazar el bosque por pasto.

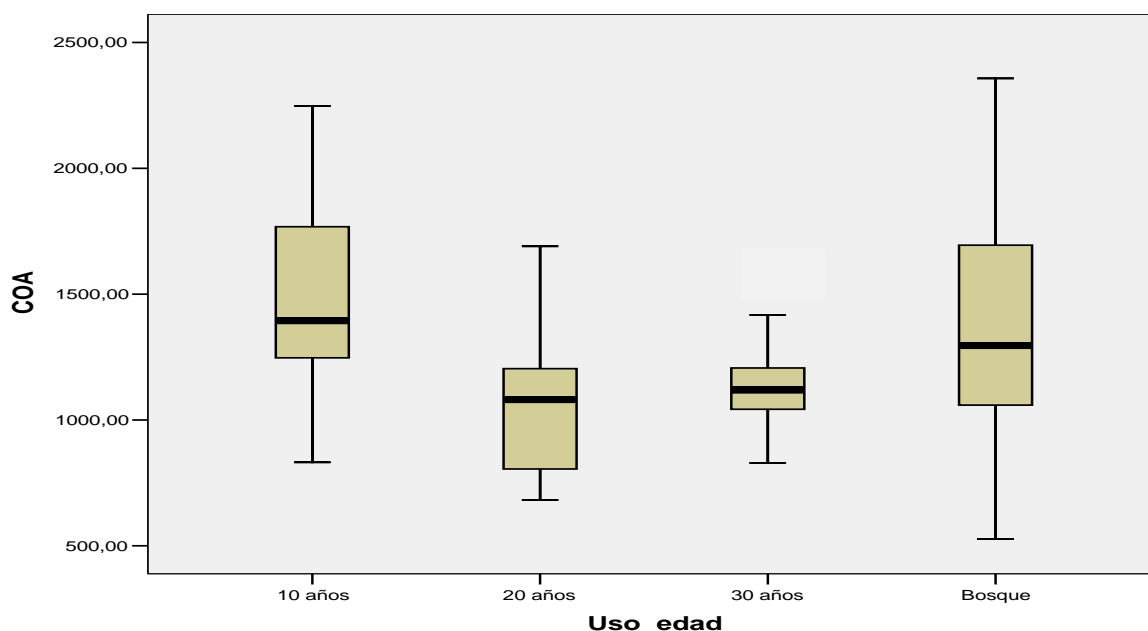


Grafico 5: Contenido de **COA** mg/kg. del horizonte mineral en pastizales de 10-20-30 años y bosque de los Cantones Centinela del Cóndor y Yanzatza de la Provincia de Zamora Chinchipe

Se encontró una correlación significativa ($r < 0,01$) entre el porcentaje de materia orgánica del suelo y el contenido de **COA** **Grafico 6**; es decir a mayor contenido de materia orgánica mayor contenido de **COA**, esto posiblemente se dio ya que el Carbono está directamente relacionado con la **MOS**, como lo menciona (Alvear, 2002).

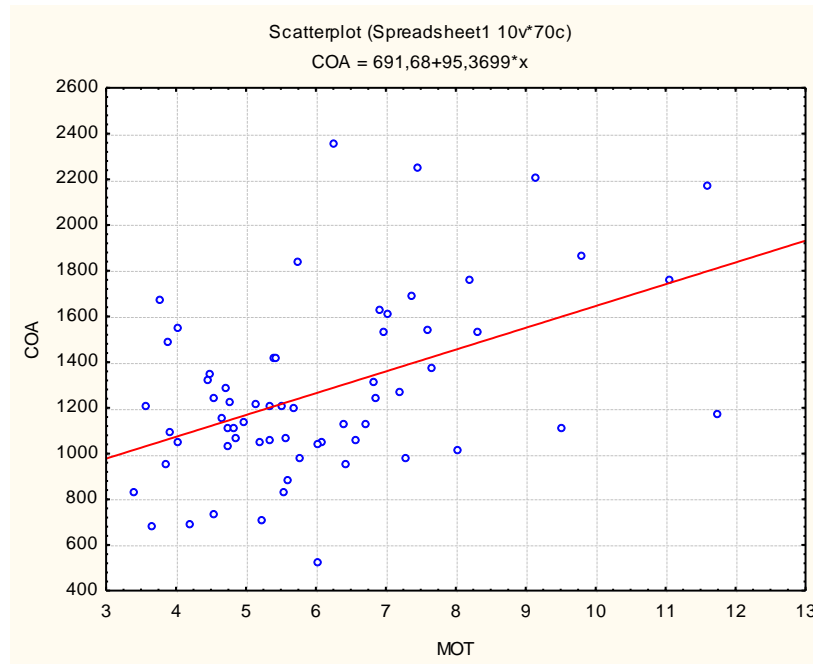


Grafico 6: Correlación del carbón activo y la materia orgánica total del horizonte mineral en pastizales de 10-20 y 30 años y bosque de los Cantones Centinela del Cóndor y Yanzatza de la Provincia de Zamora Chinchipe

No existió diferencia significativa entre bosque y las diferentes edades (mayor a 30 años, 20 años y menor a 10 años) para la materia orgánica particulada ($p > 0,05$) **Grafico. 7**, esto pudo darse ya que a pesar que el bosque contiene valores altos de **MOT**, esto ayuda a incrementar la cantidad de **MOP**, aunque es cierto que los pastizales cuentan con una fracción importante de **MOP** (Cambardella & Elliott, 1992).

Los valores más bajos se encontraron en los pastizales de 10 años y el más alto en bosque, seguido de los pastizales de 20 y 30 años, esto pudo deberse a la variación del contenido de **MOP** por los efectos producidos por las prácticas de manejo (Janzen et al., 1998).

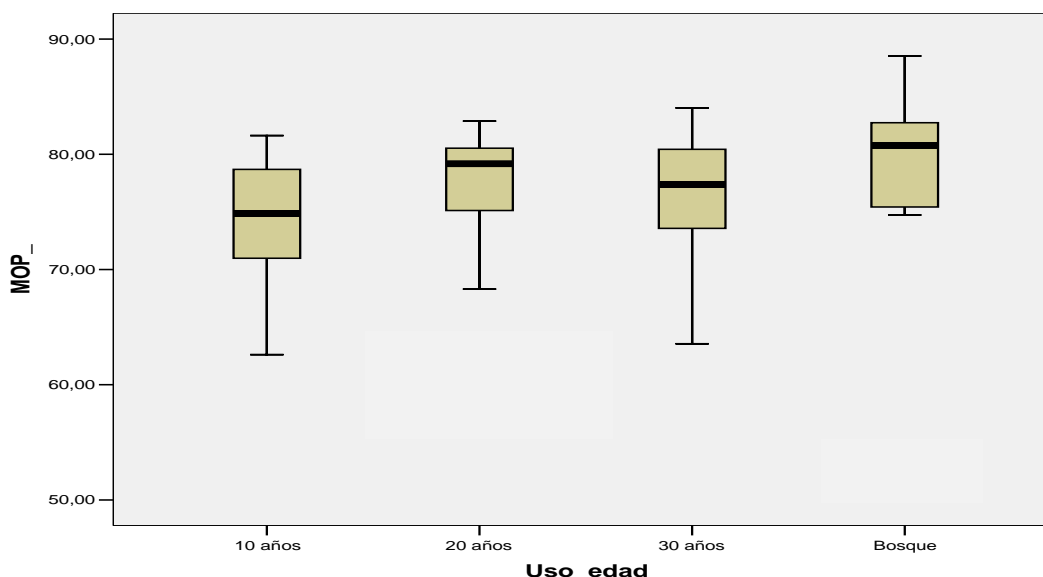


Grafico 7: Contenido de **MOP** del horizonte mineral en pastizales de 10-20-30 años y bosque de los Cantones Centinela del Cóndor y Yanzatza de la Provincia de Zamora Chinchipe

OBJETIVO DOS:

Según los resultados químicos de los suelos obtenidos en la zona 1, se la determinó como finca piloto, para realizar las siguientes recomendaciones:

Zonas	Uso	Parcela	pH		N g/kg		P mg/kg		MOS %	
Zona 1	10 años	1	4,7	F.A.	2,15	M.B.	5,06	M.Ba.	9,80	A.
		2	4,98	F.A.	6,75	M.B.	3,46	M.Ba.	7,47	A.
		3	4,58	F.A.	2,16	M.B.	26,08	B.	9,14	A.
		4	4,53	F.A.	3,22	M.B.	11,94	M.Ba.	11,60	A.
Zona 1	20 años	1	5,15	M.A.	2,64	M.B.	15,15	B.	5,12	A.
		2	5,26	M.A.	3,59	M.B.	3,93	M.Ba.	5,69	A.
		3	5,67	M.A.	3,04	M.B.	26,73	B.	7,37	A.
		4	5,38	M.A.	3,33	M.B.	7,04	M.Ba.	7,60	A.
Zona 1	30 años	1	4,97	F.A.	3,85	M.B.	12,42	M.Ba.	6,09	A.
		2	5,27	M.A.	3,28	M.B.	5,45	M.Ba.	6,04	A.
		3	4,94	F.A.	3,66	M.B.	9,09	M.Ba.	7,28	A.
		4	5,16	M.A.	3,52	M.B.	10,73	M.Ba.	6,71	A.

Simbología F.A Fuertemente ácido Med. A Medianamente ácido M.B Muy bueno M. Medio
 B. Bajo M.Ba Muy bajo M.A Muy alto A. Alto

Tabla 1: Resumen de los resultados químicos del **pH**, nitrógeno, fósforo y materia orgánica de la zona 1 de los pastizales de 10, 20 y 30 años de los Cantones Centinela del Cóndor de la Provincia de Zamora Chinchipe.

Recomendaciones para las edades de: 10,20 y mayores de 30 años:

Para realizar las recomendaciones del mejoramiento de estos suelos, se tomó en cuenta el análisis del mismo (**pH, MOS, N, P**), el cultivo (en este caso pastizales), y las características generales de la zona.

Se realizó las sugerencias para mejorar la fertilidad del suelo, en conjunto para las tres edades debido a que presentaron características muy similares de **pH, MOS, N, P**.

El principal problema que presentaron estos suelos fue la elevada acidez y el bajo contenido de fósforo, por lo que las recomendaciones en relación a los fertilizantes se realizaron tomando en cuenta estos aspectos; sin embargo las sugerencias van más allá de la aplicación de solo fertilizantes, por lo cual se propuso alternativas viables para el manejo integral de las finca en relación al componente suelo.

Se recomendó realizar la aplicación de cal, aproximadamente de 2,5 ton/ha (Iñiguez, 1976) para subir una unidad de **pH**, lo que ayudaría a una mejor disponibilidad de los nutrientes en especial de fósforo, pero también se recomienda la aplicación de otro tipo de productos como Cachaza descompuesta, aprovechando los productos de esta finca ya que en esta finca hay una molienda, y este producto (cachaza) tiene un **pH** de 7,3 (análisis del Ingenio Monterrey) lo que ayuda a disminuir la acidez del suelo, además contiene cantidades importantes de **MO, N, P, K, Ca, Mg**; además la cachaza mejora las propiedades físicas como la estructura y disminuye la compactación, mejora la aireación.

Además se recomienda el uso de biofertilizantes elaborados, a base de ceniza, melaza, bagazo, todos estos obtenidos de la caña de azúcar, conjuntamente con la leche o suero de ganado vacuno existente y de los desechos frescos que se consiga de estos, obteniéndose un **pH** menos ácido en el suelo. Entre los

desechos más apropiados que contamos tenemos rastrojo o residuos de cosecha, gallinaza que tienen un mayor porcentaje de fósforo, y nitrógeno, seguido del estiércol de porcinos y bovinos, lo cual permite abaratar costos y aprovechar los productos de la finca.

Además se sugiere la aplicación de 444,4 kg/ha del fertilizante 12-36-12 (nitrógeno-fósforo-potasio), para esto se tomó en cuenta las tablas propuestas por Iñiguez (1976), estos fertilizantes tienen un **pH** alcalino de 7,2 el cual ayuda a mejorar el pH del suelo, se recomienda aplicar al voleo.

Manejo de pastoreo controlado por medio de rotación de potreros, mediante la diversificación de pastos, empleando varias especies como gramíneas (*Bracharia decumbens* Stapt, brachiaria; *Poa pratensis*, pasto azul; *Axonopus scoparius*, gramalote; *Bracharia humidicola*, jenario; *Panicum moximum*, chilena), con periodos de ocupación y de descanso, evitando el agotamiento del suelo, erosión y compactación, facilitando la aplicación de fertilizantes, permitiendo que el suelo sea más rico en materia orgánica, fósforo y especialmente nitrógeno ya que las especies antes mencionadas ayudan a la asimilación del nitrógeno en el suelo.

Establecimiento de sistemas silvopastoriles, empleando especies arbóreas como (*Ingas*, Guabas; *Psidium guajaba*, Guayabas; *Erythrina velutina*, Porotillo, etc.), o especies arbóreas forrajeras, conjuntamente con pastizales como (*Pennisetum purpureum*, Mequerón; *Bracharia decumbens*, brachiaria, *Poa pratensis*, pasto azul; *Axonopus scoparius*, gramalote), que servirán como alimento para el ganado. Las especies arbóreas con sus raíces profundas ayudan absorber nutrientes que luego retornaría a la superficie cuando caiga su follaje, ramas y frutos, que ayudarían al aporte de materia orgánica, nitrógeno y nutrientes; y serviría como barrera rompe vientos, para evitar la erosión y fuente de producción.

VI. CONCLUSIONES

- Los suelos del bosque fueron más ácidos que los de pastizal existiendo diferencia significativa entre estos.
- Estos suelos presentaron alto contenido de materia orgánica y nitrógeno, pero bajos contenidos de fósforo.
- Existió correlación directa entre la materia orgánica y el carbono orgánico activo, es decir a mayor contenido de **MO**, mayor contenido de **COA**.
- La **MOP** del bosque y pastizales no presentaron diferencia significativa, ya que cuentan con fracciones importantes tanto en el bosque como pastizales.
- Considerando que la finca piloto presentó suelos con elevada acidez y bajo contenido de P, se determinó aplicar 444,4 kg/ha de fertilizante 12-36-12 (N-F-K) además realizar un manejo integral, aplicando productos que disminuyan su acidez, y mejoren el contenido de fósforo.

VII. RECOMENDACIONES

- En trabajos posteriores se recomienda que para la realización de la fase de campo, es necesario tomar en consideración el tiempo, materiales y número de personas necesarias para la ejecución satisfactoria del trabajo previamente planificado.
- En el muestreo de suelos, es preferible recolectar una cantidad de muestras que sea fácil de manejar para su posterior manipulación tanto al transportarla como en el laboratorio.
- En las áreas de pastizales se recomienda incentivar a los productores de las zonas la implementación de sistemas de manejo, para mantener y rehabilitar la fertilidad del suelo.
- Promover la investigación en suelos tropicales, ya que la información existente es limitada, especialmente en **MOP** y **COA**.
- Para realizar recomendaciones sobre el manejo en una finca piloto, se requiere de un muestreo más significativo, así como un diagnóstico de sus componentes productivos que en sí represente a toda la finca; por lo tanto se recomienda se continúe con un estudio más detallado de cada finca.
- Para mejorar el suelo por medio de fertilizantes químicos se pueden utilizar complejos ternarios, binarios, que ayudan a mejorar el nitrógeno, el fósforo, potasio y el pH del suelo.
- Analizar costos de producción en relación a las recomendaciones del uso de fertilizantes y biofertilizantes de acuerdo al área de terreno a mejorar.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE 2000. Lombricultura. Quito, Ec., Desde el Surco, 24p.
- ALMANAQUE ECUATORIANO,; 2002. Almanaque ecuatoriano. Ediceptro. Riobamba. Ecuador.
- ALVARADO, A. 2004. Producción de madera con bajos insumos, reciclaje nutrientes en plantaciones y bosques tropicales. IX Congreso Ecuatoriano y I Binacional de la Ciencia del Suelo. Centro de Investigaciones Agronómicas, Escuela de Agronomía Universidad de Costa Rica. Loja-Ecuador. 8-12.
- ALVES, M, & PAZ, J, 2003. Variabilidad en el pH de un suelo decapitado sometido a diferentes tratamientos de recuperación. IX Conferencia Española de Biometría. La Coruña. 3-4.
- ALVIAR, J. 2002. Materia Orgánica del suelo en la Región Pampeana. I. Un método de fraccionamiento por tamizado. Agroquímica 34; 475-489.
- AMEZQUITA, E. Y. Pinzon, 1991. Compactación de los suelos por pisoteo de animales en pastoreo en el piedemontano amazónico de Colombia, Pasturas Tropicales. Vol. 13, Nº 2, 21 – 26p.
- BARBOSA, R. I. 1998, Suelos y tipo de vegetación en los Llanos Centrales de Venezuela.
- BARBOSA, 1994. Soil organic and nitrogen in a Mollisol in central Ohi as affected by tillage and land use. Soil Tillage Res. 80;201-213.
- BENDECK, 1992. Transformaciones de la materia orgánica en un suelo laterítico: Distribución de carbón orgánico en fracciones degradado. Agricultura Técnica. 133-141.
- BUSSMANN, R. W. 2002. Estudio Fitosociológico de la Vegetación en la Reserva Biológica San Francisco (ECSF) Zamora Chinchipe. Loja (EC) Herbario Loja, Departamento de Botánica y Ecología nº 8: p 1-6.
- CAMBARDELLA, C., 1992. Particulate organic matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:777-783.
- DAVIDSON, S, E., 1993 Soil carbon dynamics in pasture and forest of the eastern Amazon. Bull. Ecol. Soc. Am 74 (2), 208.

- EDEN et, al. 1990. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. Soil Sci. Soc. Am J. 63: 1350-1358.
- EWEL, J. 1981. Slash and burn impacts on a Costa Rican wet forest site. Ecology 62: 816-824.
- FABRIZZI, KP; A MORÓN & FO García. 2003. Soil C and N organic fractions in degraded vs. non-degraded Mollisols in Argentina. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:1831-1841.
- FASSBENDER, H. 1975. Química de Suelos con énfasis en suelos latinos. Turrialba, CR.
- FITZ P. E. A. 1996. Introducción a la ciencia del suelo. Ed. Tillas. México.
- GALLARDO, J. 2002. Reciclaje de nutrientes en los ecosistemas aplicados agronómicos. Manabí, Ec., VII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. P 8.
- GISPERT, C. 2001. Enciclopedia práctica de la agricultura y la Ganadería. Edit. Oceano/Centrum. España
- HAYNES, R.: 2000. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand. Soil Biol. Biochem. 32: 211:219.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERIA. ; 1986. Compolado del IGM. Paquisha, escala 1; 100000, hoja 7 G, Zamora Chinchipe. Ecuador.
- IÑIGUEZ, M. 1976. Edafología. Loja, EC., Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agropecuarias. P 110-115.
- JANZEN, HH,; CA Campbell; RC Izaurralde; BH Ellert; N Juma; WB McGill & RP Zentner. 1998. Management effects on Soil C storage on the Canadian Prairies. Soil Tillage Res, 47; 181;95.
- LUZURIAGA, C. & MENDOZA, E. 1992. Laboratorio de suelos, fertilizantes y plantas de Tumbaco. ORSTOM, p. 13-14.
- MINISTERIO DE TURISMO DEL ECUADOR (MINTUR). 2005. www.e-travelware.com/travel/ecuador , enero del 2008.
- MORALES, et, al. 1996. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. Soil Tillage Res. 53;215-230.
- NAVARDO, S. 2000. Química Agrícola. Edit. Mundi prensa. España.

- NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and inorganic matter. In: Bartels, J.M, Bigham, J.M. Methods of soil analysis, part 3. Chemical Methods, 3rd edn. (Agronomy series nº5) ASA, SSSA, Madison, Wis, pp 961-1010.
- PARTON, WJ. 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in great plain grasslands. Soil Sci. Soc. Am. 51: 1173-1179.
- POMA, J. E. 2008. Geología y Geoquímica de suelos en el sector la Hueca, Provincia de Zamora Chinchipe. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero en Geología y Minas. UTPL, p. 13.
- PUGET, P & R LAL. 2004. Soil organic carbon and nitrogen in a Mollisol in central Ohio as affected by tillage and land use. Soil Tillage Res. 80:201-213.
- RAY R., WEIL, ed. AI (2003). Estimating active carbon for soil quality assessment; A simplified method for laboratory and field use. 18; 1-15.
- RESTREPO, J. 1999. Principales aportes que se logran con la materia orgánica y los abonos verdes en tierras cultivadas con café y plátano en Nicaragua. Santa Rosa del Peñón, Nic., Editorial Prodisa. P. 26-30.
- SANCHEZ, P. 1981, Suelos del Trópico, características y manejo, Traducido por Edilberto Camacho. San José, Costa Rica. IICA. Serie de libros y Materiales Educativos N 48, 634 p.
- SIX, J. 2002. Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 1981-1987.
- VALAREZO, 1980. (Publicación) suelos de Zamora y su manejo, Loja-Ecuador, PREDESUR.
- VALAREZO, C, 1998. Condiciones físicas de los suelos de la región Sur del Ecuador: Una guía para proyectos de riego, drenaje, manejo y conservación de suelo. Universidad Nacional de Loja.
- VALAREZO, C. 2004. Problemas de fertilidad y manejo de los suelos en la región Sur del Ecuador. 6-7: 1-3. Congreso Ecuatoriano y I Binacional de la ciencia del Suelo. Loja-Ecuador.

- VILCA, F. 1994. Experiencias propias de los técnicos de la Dirección Nacional de Desarrollo Campesino del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito, Ec., p 12.
- YOUNG, A.1989. Agroforestry for soil conservation. Wallingford, UK, CAB International. 276.

ANEXOS

ANEXO 1: Resumen de los promedios de los resultados del pH, MOS, COA mg/kg, MOP.

Zonas	Uso	Parcela	Muestra	pH	MOS %	CA mg/kg	MOP
Zona 1	Bosque	1	1	4,32	6,92	1631,37	80,54
Zona 1	Bosque	2	2	4,59	8,20	1758,13	78,22
Zona 1	Bosque	3	3	4,52	11,07	1760,19	50,58
Zona 1	Bosque	4	4	4,46	8,30	1534,32	75,06
Zona 1	10 años	1	1	4,7	9,80	1865,02	81,62
Zona 1	10 años	2	2	4,98	7,47	2247,48	66,45
Zona 1	10 años	3	3	4,58	9,14	2205,46	79,26
Zona 1	10 años	4	4	4,53	11,60	2174,59	70,76
Zona 1	20 años	1	1	5,15	5,12	1213,64	71,68
Zona 1	20 años	2	2	5,26	5,69	1194,09	60,35
Zona 1	20 años	3	3	5,67	7,37	1690,18	68,29
Zona 1	20 años	4	4	5,38	7,60	1543,80	73,38
Zona 1	30 años	1	1	4,97	6,09	1047,09	80,41
Zona 1	30 años	2	2	5,27	6,04	1038,06	80,27
Zona 1	30 años	3	3	4,94	7,28	979,74	77,31
Zona 1	30 años	4	4	5,16	6,71	1129,84	79,66
Zona 2	Bosque	1	1	5,14	4,85	1068,80	75,58
Zona 2	Bosque	2	2	4,83	4,03	1049,63	80,47
Zona 2	Bosque	3	3	4,66	4,47	1350,84	75,25
Zona 2	Bosque	4	4	4,2	5,55	1070,14	82,90
Zona 2	10 años	1	1	4,26	4,71	1282,45	72,53
Zona 2	10 años	2	2	4,43	6,82	1309,24	78,86
Zona 2	10 años	3	3	4,61	4,75	1222,93	74,33
Zona 2	10 años	4	4	4,41	7,18	1271,23	75,55
Zona 2	20 años	1	1	4,53	4,54	730,99	76,85
Zona 2	20 años	2	2	4,68	6,39	1130,56	78,92
Zona 2	20 años	3	3	4,23	5,61	879,60	81,01
Zona 2	20 años	4	4	4,39	4,74	1107,71	79,41
Zona 2	30 años	1	1	5,07	9,52	1110,17	80,79
Zona 2	30 años	2	2	5,17	8,04	1014,96	84,02
Zona 2	30 años	3	3	4,71	11,73	1168,79	73,80
Zona 2	30 años	4	4	4,94	6,84	1243,52	77,45
Zona 3	Bosque	1	1	4,20	4,55	1241,07	84,65
Zona 3	Bosque	2	2	4,29	4,73	1028,60	85,67
Zona 3	Bosque	3	3	4,14	6,01	526,84	82,49
Zona 3	Bosque	4	4	4,20	6,43	955,48	81,02
Zona 3	10 años	1	1	4,65	5,52	831,69	70,79
Zona 3	10 años	2	2	4,59	6,55	1054,58	62,61
Zona 3	10 años	3	3	5,12	4,82	1106,01	80,56
Zona 3	10 años	4	4	5,12	5,39	1415,97	77,91
Zona 3	20 años	1	1	4,96	5,33	1054,35	80,75
Zona 3	20 años	2	2	5,00	4,95	1139,50	82,88
Zona 3	20 años	3	3	5,23	4,45	1321,87	80,05
Zona 3	20 años	4	4	5,34	3,86	953,41	81,27
Zona 3	30 años	1	1	5,47	3,39	829,77	75,42
Zona 3	30 años	2	2	5,19	5,19	1048,91	74,95
Zona 3	30 años	3	3	5,24	4,65	1152,38	80,90
Zona 3	30 años	4	4	5,29	3,57	1206,51	73,34

Continuación de los promedios de los resultados del pH, MOS, COA mg/kg, MOP.

Zona 4	Bosque	1	1	4,92	3,73	844,56	82,57
Zona 4	Bosque	2	2	5,94	5,17	1009,56	82,11
Zona 4	Bosque	3	3	5,28	3,91	1294,88	88,52
Zona 4	Bosque	4	4	5,62	5,10	1851,68	74,73
Zona 4	10 años	1	1	5,01	3,89	1490,98	78,50
Zona 4	10 años	2	2	4,99	3,78	1670,68	75,38
Zona 4	10 años	3	3	5,12	6,97	1526,90	71,38
Zona 4	10 años	4	4	5,04	7,65	1373,70	71,15
Zona 4	20 años	1	1	5,64	3,67	681,52	80,30
Zona 4	20 años	2	2	5,88	5,23	432,17	79,70
Zona 4	20 años	3	3	5,51	5,77	977,42	77,70
Zona 4	20 años	4	4	5,46	4,19	692,52	77,23
Zona 4	30 años	1	1	5,18	3,91	1063,53	80,44
Zona 4	30 años	2	2	5,55	5,44	1417,21	68,61
Zona 4	30 años	3	3	5,32	5,34	1206,83	72,75
Zona 4	30 años	4	4	5,43	4,01	1549,15	63,55

Anexo 2: Esquema de la metodología del Carbón Orgánico Activo.

Pesar de 1.00 g. A 5.00 g. de suelo



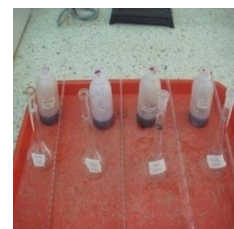
Añadir 20 cc de la solución 1



Agitar a 100 rpm durante 4 minutos en un agitador



Reposar de 5 a 10 minutos.



Extraer 0,5 ml de la solución en un balón de aforo



colocar la celda en el espectrofotómetro hasta que se estabilice la muestra



aforar con agua destilada a 50 ml.

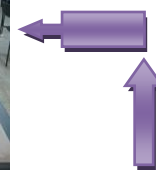


Anexo 3: Esquema de la metodología de la Materia Orgánica Particulada.

Pesar 10 g de suelo en un vaso e introducir en un bote



16 horas - suelo 400 ° C



24 horas - suelo 105° C



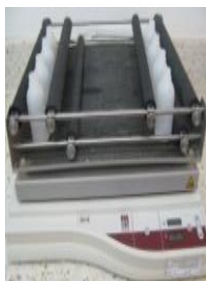
Crisoles 400°C - 2 Horas



30 ml. Hexametrafosfos



15 horas en un agitador a 180 revoluciones



Lavar el suelo por un tamiz

Evaporar el agua en una estufa a 50° C.

Moler la muestra en un mortero

Anexo 4: Fotos de zonas muestreadas:

Zonas muestreadas en pastos:



Pastizales de 10 años



Pastizales de 20 años



Pastizales de 30 años

Zonas muestreadas en bosque:



Anexo 5: Recolección de muestras de suelo:

Horizonte mineral:



Etiquetado de muestras:

