



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



Componente práctico del Examen de Grado de carácter
Complexivo, presentado Al H. Consejo Directivo, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Rol de la materia orgánica en la calidad del suelo”

AUTOR:

Víctor Julio Muñoz Lozada

TUTOR:

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, M.Sc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2019

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, en especial al Ing. Agr. Tito Bohórquez Barros y a la Ing. Ban. Lorena Mestanza Segura, por confiar en mí y permitirme realizar todo el proceso investigativo.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Técnica de Babahoyo, a todas sus autoridades, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Agr. Mg. Sc. Eduardo Colina Navarrete, principal colaborador durante todo este proceso, quien, con su dirección, conocimiento, enseñanzas y colaboración, permitió el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

Esta tesis esta dedicada a:

A mi madre Josefa Lozada Amador quien con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mi el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis hermanos Ing. Agr. Marco, Jessica y Jose Muñoz Lozada por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias..

A mis cuñadas Ing. Agr. Ruth Saucedo y Silvia Garboa, por estar siempre presente en este camino.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas mis amigos, por apoyarme cuando más lo necesite, por extender su mano en momentos, de verdad mil gracias hermanos de batalla.

Rol de la materia orgánica en la calidad del suelo

Victor Muñoz¹

¹FACIAG. www.utb.edu.ec

RESUMEN

Los estudios realizados para determinar la importancia de la materia orgánica han identificado, indicadores confiables y sensibles que permitan estimar el estado actual y las tendencias en la calidad de suelos. Identificar propiedades edáficas discriminantes e incorporarlas a métodos de evaluación y de diagnóstico resulta prioritario para establecer estrategias de manejo. Los indicadores físicos, químicos y biológicos no determinan independientemente la calidad del suelo, la mayoría de los estudios coinciden en que la materia orgánica del suelo (MOS) es el principal indicador e indudablemente el que posee una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su productividad. En estas condiciones resulta significativa la influencia de la MO, principalmente sobre propiedades físicas vinculadas a la dinámica del agua. Por consiguiente, es necesario reconocer la fragilidad de los suelos de la región y los importantes cambios que normalmente tienen lugar por influencia del manejo. Durante los últimos años, en el mundo, se han intensificado los estudios que tratan de interpretar los cambios cuantitativos y cualitativos en la MO influenciada por distintas prácticas de manejo. Como así también las consecuencias de cambios en la MO sobre otras propiedades físicas, químicas y biológicas. La utilización frecuente de materia orgánica permite resolver los problemas de fertilidad del suelo, mejoraran la capacidad de retención de agua y circulación del aire, favorecen el desarrollo y vigorización de las plantas; aumenta la capacidad de controlar naturalmente insectos, ácaros, nematodos como patógenos. Sea cual fuere la fuente por utilizar, su aplicación debe responder a un análisis previo del suelo (nutrimentos, relación C/N y microorganismos) pudiendo aplicarse de acuerdo a su riqueza hasta el doble del requerimiento en términos de elementos minerales puros, pues su asimilación y posterior absorción es bastante lenta.

Palabras clave: Materia Orgánica, Calidad, Suelo, Biomasa, Sostenibilidad.

Role of organic matter in soil quality

Victor Muñoz¹

¹*FACIAG. www.utb.edu.ec*

SUMMARY

Studies conducted to determine the importance of organic matter have identified reliable and sensitive indicators that allow estimating the current state and trends in soil quality. Identifying discriminating edaphic properties and incorporating them into evaluation and diagnostic methods is a priority to establish management strategies. Physical, chemical and biological indicators do not independently determine soil quality, most studies agree that soil organic matter (MOS) is the main indicator and undoubtedly the one that has a more significant influence on soil quality and Your productivity Under these conditions the influence of MO is significant, mainly on physical properties linked to water dynamics. Therefore, it is necessary to recognize the fragility of the soils of the region and the important changes that normally take place due to management influence. During the last years, in the world, the studies that try to interpret the quantitative and qualitative changes in the MO influenced by different management practices have intensified. As well as the consequences of changes in the MO on other physical, chemical and biological properties. The frequent use of organic matter allows to solve the problems of soil fertility, improve the capacity of water retention and air circulation, favor the development and invigoration of plants; It increases the ability to naturally control insects, mites, nematodes as pathogens. Whatever the source to be used, its application must respond to a previous analysis of the soil (nutrients, C/N ratio and microorganisms) and can be applied according to its richness up to twice the requirement in terms of pure mineral elements, since its assimilation and subsequent absorption is quite slow.

Keywords: Organic Matter, Quality, Soil, Biomass, Sustainability.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. MARCO METODOLÓGICO	5
1.1. Definición del tema caso de estudio	5
1.2. Planteamiento del problema	5
1.3. Justificación.....	7
1.4. Objetivo	9
1.4.1. General	9
1.4.2. Específicos	9
1.5. Fundamentación teórica	9
1.6. Hipótesis.....	15
1.7. Metodología de la investigación.....	15
CAPÍTULO II. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
2.1. Situaciones detectadas (hallazgo)	16
2.2. Soluciones planteadas	17
2.3. Conclusiones.....	18
2.4. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso)	19
BIBLIOGRAFÍA.....	21

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la población se ha incrementado considerablemente a partir de la última década, esto ha hecho que la frontera agrícola también aumente de la misma manera, superando anualmente los 2000 millones de hectáreas. Ha consecuencia de esto se han perdido cerca de 5-7 millones de hectáreas en el mundo mediante procesos de erosión irreversibles. Según el PNUMA se estima que solo en Sudamérica de 1 570 millones de hectáreas en producción cerca de un 25 %, se encuentra o está en procesos de erosión, principalmente por el manejo de los sistemas de labranza (PNUMA, 2018).

En el Ecuador especialmente en la zona subcentral (Los Ríos), los problemas de erosión han causado pérdida de la calidad de suelos y daños en la estructura del suelo. La mala estructura del suelo debido a la pérdida de la produce problemas relacionados con la compactación, reducen en gran cantidad la absorción de nutrientes y disminuye la cantidad de oxígeno del suelo.

El suelo constituye un sistema heterogéneo altamente complejo y dinámico, tanto en el espacio como en el tiempo, que sirve de sustento a una gran variedad de especies vegetales, animales y microbianas. Es un ambiente apropiado para el desarrollo de los microorganismos tanto eucariotas (algas, hongos, protozoos) como procariotas (bacterias y arqueas). Todos estos organismos se relacionan entre ellos en formas muy variadas y complejas, contribuyendo a las características propias del suelo por su papel en la modificación de las fases sólida, líquida y gaseosa que lo conforman. Numerosos procesos físicos, químicos y biológicos actúan simultáneamente para mejorar o empobrecer la condición del suelo y las funciones que éste desempeña en beneficio de las plantas, animales y microorganismos que crecen en él (Nogales, 2005).

La materia orgánica en términos generales se refiere a la fracción del suelo que está compuesta tanto de organismos vivos como de residuos muertos en varios estados de descomposición. Humus es sólo una pequeña porción de

la materia orgánica. Es el producto final de la descomposición de la materia orgánica y es relativamente estable. La continuación de la descomposición del humus ocurre muy lentamente en ambientes agrícolas y naturales. En sistemas naturales, se alcanza un balance entre la cantidad de formación de humus y la cantidad de descomposición de este.

La materia orgánica es un importante componente natural de los suelos agrícolas en pequeñas cantidades actúa como agente físico, químico biológico, mejorando la estructura y fertilidad, se dice que el máximo efecto benéfico de la materia orgánica se define cuando esta alcanza un avanzado grado de descomposición y da origen a las sustancias húmicas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Las corrientes ecológicas preocupadas siempre por preservar sano el ambiente han motivado el desarrollo de tecnología de producción que permiten obtener altos rendimientos de la cosecha sin degradar o detener los recursos naturales, por lo que hoy nuevamente como en los orígenes de la agricultura, existe una mayor preocupación por la existencia orgánica como fuente de fertilidad productiva y sostenible de los suelos.

A través del tiempo se conoce que una gran parte de los suelos del mundo contienen materia orgánica que deriva principalmente de la descomposición parcial de residuos vegetales. En menor cantidad pueden originarse también en restos de animales y deyecciones. Las proporciones de la materia orgánica varían desde cero, como en el caso de algunos depósitos arenosos, hasta un 95 % o más de algunas turberas, en suelos agrícolas, comunes su proporción rara vez excede del 15 % (Rodríguez, 2006).

La materia orgánica es el asiento de la mayoría de los procesos microbiológicos que se operan en el suelo, de los cuales uno de los más importantes es el de oxidación de la materia orgánica, proceso que depende en la mayor parte de la actividad metabólica de materia y hongos, aunque probablemente también exista una limitada cantidad de descomposición puramente química, en condiciones excepcionalmente favorables para la actividad de los microorganismos, la materia orgánica del suelo se oxida, completamente y desaparece .

Hay varios factores que afectan el nivel de materia orgánica que se puede mantener en el suelo. Entre estos están las adiciones de materia orgánica, humedad, temperatura, labrado, niveles de nitrógeno, cultivación, y fertilización. El nivel de materia orgánica presente en el suelo es una función directa de la cantidad de material orgánico que se produce o agrega al suelo contra lo que entra en putrefacción. Los objetivos de este acto de balance implican el nivel de la descomposición de materia orgánica, a la vez que se aumenta el suministro de materiales orgánicos que se producen en sitio y o se agregan fuera del sitio (Jackson, 2003).

La humedad y la temperatura también afectan profundamente los niveles de materia orgánica. Mucha lluvia y temperaturas altas promueven el crecimiento rápido de las plantas, pero estas condiciones también son favorables a la rápida descomposición y pérdida de materia orgánica. Poca lluvia y bajas temperaturas disminuyen la rapidez del crecimiento de las plantas y la descomposición de materia orgánica.

La rápida descomposición de la materia orgánica devuelve nutrientes al suelo, los que se captan casi inmediatamente por el rápido crecimiento de las plantas. Agregar estiércol y abono orgánico son formas reconocidas para mejorar los niveles de materia orgánica y humus en la tierra. Cuando estos faltan, los pastos perennes son el único cultivo que puede regenerar y aumentar el humus del suelo. Los pastos de estaciones frías fabrican materia orgánica más rápido que los de estaciones cálidas ya que normalmente están en crecimiento por más tiempo durante el año.

La materia orgánica es el elemento clave de la estructura del suelo y que facilita la penetración adecuada del aire y del agua protegiéndola de la erosión. El objetivo primordial de aplicar abonos al suelo es establecer el nivel apropiado y mantener el equilibrio de nutrientes en el suelo.

La materia orgánica es esencial para la fertilidad y la buena producción agrícola es de gran importancia y que debe tomarse muy en cuenta ya que los abonos orgánicos no solo ayudan económicamente a la población, sino también

trae consigo otros beneficios de tipo ecológico como la incorporación de nutrientes al suelo, así como la mejora de las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

En consideración de los aspectos antes mencionados se plantea el siguiente problema:

¿Será posible establecer la importancia de la materia orgánica del suelo, como componente básico en su calidad y sostenibilidad?

CAPÍTULO I. MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

Los incrementos espectaculares en el rendimiento de los cultivos que se han observado en los últimos años se explican por el uso, amplio e intensivo de fertilizantes químicos y sintéticos.

De acuerdo con un estudio de las Naciones Unidas el 38 % del suelo cultivado a partir de la Segunda Guerra Mundial había sido dañado debido a prácticas agrícolas (Lal, 2000). La degradación del suelo involucra la compactación, reducción en la calidad de la estructura del suelo, pérdida de la fertilidad y erosión. En América, por ejemplo, la pérdida de suelo es de 5-10 t/ha/año. Si comparamos estos valores con la formación de suelo de 1 t/ha/año, es obvio que en un corto tiempo se ha perdido un recurso que se llevó siglos en formarse.

El suelo que se pierde de esta manera es rico en materia orgánica, el componente de mayor valor. La combinación de factores explica el aumento en la pérdida de fertilidad de los suelos agrícolas del mundo. Algunas áreas definitivamente son abandonadas. Debido a que el factor suelo es un recurso finito y debido a que los procesos naturales para restaurar o renovar el suelo no ocurren a la misma velocidad en que es degradado, la agricultura no puede ser sostenible sino hasta que se dé marcha atrás a los procesos de degradación del suelo, en especial hacia la pérdida de la materia orgánica de este.

1.2. Planteamiento del problema

Los cambios ocurridos en un suelo debidos a los factores antrópicos y no antrópicos producen variaciones en las comunidades microbianas que en él se encuentren. Debido a estas variaciones que sufren, tanto en cantidad como en diversidad, y a la importancia que tiene la actividad biológica como un atributo para la sustentabilidad del suelo se ha propuesto el uso de la biomasa microbiana del suelo y su composición como indicadores de la calidad de suelo (Li *et al.*, 2004). En la actualidad hay diferentes métodos para cuantificar la

biomasa microbiana del suelo, entre estos los más eficientes son la respiración inducida por sustrato, cuantificación de ATP, y el análisis de fosfolípidos (Bååth *et al.*, 1995). La actividad microbiológica del suelo se mide comúnmente, mediante el desprendimiento de CO₂ por la actividad de los microorganismos del suelo.

Un conocimiento más preciso del contenido de materia orgánica y de su calidad, así como de las comunidades microbianas del suelo, podría contribuir en la formulación de mejores modelos técnicos de manejo de las plantaciones de cacao. Además el conocimiento de diversos parámetros fisicoquímicos y bioquímicos, tales como pH, porcentaje de humedad, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico (CIC), actividades enzimáticas, actividad microbiológica del suelo, ADN presente en el suelo, entre otros, nos permitirá evaluar y caracterizar los microorganismos presentes en el suelo, y nos proporcionará una herramienta para correlacionar estas propiedades con la fertilidad del suelo, y asimismo, con la calidad y productividad del cultivo.

Varios trabajos publicados relacionan la biomasa microbiana con la materia orgánica del suelo y de los variados indicadores de calidad que han sido propuestos por diferentes investigadores, para analizar la calidad de la materia orgánica y la estrecha relación que guardan con la cantidad y diversidad de microorganismos del suelo, nos ayudará en este sentido.

El término materia orgánica del suelo (MOS) ha sido usado de diferentes formas para describir los constituyentes orgánicos del suelo (Baldock y Skjemstad, 1999). Se define como todos los materiales orgánicos encontrados en los suelos independientemente de su origen o estado de descomposición. Por otra parte, la materia orgánica del suelo puede considerarse al material del suelo excluyendo los tejidos microbianos vivos (biomasa), los fragmentos de tejido animal y vegetal inalterado así como productos de descomposición parcial que pueden extraerse del suelo por flotación con un líquido denso. Al hablar de materia orgánica del suelo se debe tener en cuenta a que definición nos estamos refiriendo, es decir debemos asumir una definición según nuestro interés particular.

La MOS se encuentra estrechamente relacionada con la productividad agrícola y normalmente las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas para los cultivos se encuentran en suelos con alto contenido de materia orgánica. Frecuentemente la MOS es sugerida como indicador de la calidad y sustentabilidad del suelo (Li *et al.*, 2004); sin embargo, la variación debida al efecto de agentes externos como clima, vegetación y manejo de suelo, entre otros, es de difícil detección.

La MOS contiene C, H, O, N, P, y S como principales constituyentes, y actualmente es difícil medir el contenido total de MOS. Los métodos analíticos que se emplean para determinar el contenido de carbono orgánico del suelo (COS), estiman la MOS a través de un factor de conversión. El porcentaje de materia orgánica del suelo es una medida de la cantidad de restos vegetales y animales descompuestos. Esos restos son polímeros de compuestos orgánicos y durante el proceso de su transformación o mineralización, son primeramente degradados hasta sus componentes básicos produciéndose compuestos inorgánicos de nitrógeno, fósforo, azufre, etc. Los productos orgánicos resultantes constituyen la fracción de la materia orgánica no alterada (o no humificada, sustancias no húmicas NH), que a través del proceso de humificación produce nuevos compuestos que se denominan fracción orgánica del suelo (García, 2005).

1.3. Justificación

La cantidad y calidad de materia orgánica del suelo permite hacer inferencias acerca de su fertilidad, así también, para enmiendas orgánicas, podemos evaluar la calidad y cantidad de materia orgánica que se incorpora al suelo en el momento de utilizarlas en un suelo determinado. El contenido de carbono orgánico total frecuentemente está directamente correlacionado con diferentes factores, entre ellos la mineralización de materia orgánica, biomasa microbiana, actividad enzimática en suelos entre otros.

El conocimiento de la dinámica de la materia orgánica del suelo (MOS) es esencial para entender el flujo del carbono (C) y nitrógeno (N) en el suelo. Estudios empíricos y modelos de simulación sugieren que las diferencias en

cantidad y calidad de los aportes orgánicos al suelo dan las diferencias en el tamaño de los grupos orgánicos y las tasas de mineralización de C y N (Sarmiento y Bottner, 2002).

El término “calidad del suelo”, desde su definición inicial, como la capacidad del suelo de producir bienes económicos y servicios y regular el ambiente, ha sido refinado y expandido por científicos, incluyendo una gran cantidad de indicadores de rendimiento. Considerando la amplia gama de definiciones que pueden obtenerse, se destaca que la calidad del suelo necesita ser evaluada tomando en cuenta su uso, así un suelo particular puede ser de alta calidad para una función y muy pobre para otra (Karlen *et al.*, 2003).

Particularmente, el uso del suelo para sostener el crecimiento de las plantas y la actividad biológica es una función de sus propiedades físicas (porosidad, capacidad de retención de agua, estructura) y químicas (pH, contenido de sales, capacidad de suministrar nutrientes), muchas de las cuales son una función del contenido de MOS.

El MOS juega un papel importante en las propiedades biológicas (suministro de sustratos y nutrientes para los microorganismos), químicas (capacidad amortiguadora y cambios de pH) y físicas (estabilización de la estructura) del suelo. Estas propiedades, junto con el COS, N y P, son considerados indicadores críticos para la salud y calidad del suelo.

Una de las formas tradicionales para mejorar el contenido de materia orgánica en suelos es adicionándole estiércol y residuos de vegetales en la superficie. La aplicación de residuos vegetales sobre la superficie de los suelos o la incorporación de estos en los primeros 15-20 cm del suelo, son prácticas usadas en el trópico para aprovechar los efectos de la materia orgánica sobre los suelos.

A pesar de todas las ventajas que el uso de residuos vegetales proporciona al suelo y al cultivo, esta práctica no es muy generalizada en el trópico, especialmente donde el costo de los fertilizantes químicos no es tan alto.

Esta práctica está limitada a fincas agrícolas pequeñas.

1.4. Objetivo

1.4.1. General

Generar estrategias agroecológicas que contemple las acciones necesarias a desarrollar, para el manejo agroecológico de arvenses que afectan la producción de maíz.

1.4.2. Específicos

1. Conocer la importancia de la materia orgánica del suelo y su repercusión en la productividad de este.
2. Indicar las principales características de la materia orgánica del suelo y sus diferentes calidades.
3. Generar estrategias de conservación del suelo a través de la compilación de información documentada.

3.1. Fundamentación teórica

La materia orgánica proporciona grandes beneficios a los suelos: Contribuye a que las partículas minerales individuales del suelo formen agregados estables, mejorando así la estructura del suelo y facilitando su laboreo; Favorece una buena porosidad, mejorando así la aireación y la penetración del agua; Aumenta la capacidad de retener agua y por las razones anteriores, disminuye los riesgos de erosión (Sepúlveda, Tapia y Ardiles, 2010).

Los restos vegetales están constituidos fundamentalmente por sustancias aromáticas (lignina y taninos); y por compuestos alifáticos (celulosa y proteínas). Sobre ellos actúa la microflora del suelo que realiza su degradación y posterior polimerización y condensación para generar las sustancias húmicas que son compuestos propios del suelo. Este complejo proceso se denomina humificación. El humus es la parte predominantemente orgánica del suelo que posee una morfología influida por diferentes parámetros (pH, relación C/N, saturación con bases, actividad orgánica). El concepto de humus ha sido definido como la totalidad de los restos post-mortales presentes en el suelo. Según la morfología, el origen y el modo de transformación de la materia orgánica, se establecen

diversos tipos y subtipos de humus, fundamentalmente son Mull cálcico, Mull forestal y Mor (García, 2005).

El humus del suelo ha sido clasificado por varios investigadores por su composición química, haciendo hincapié en la constitución de los compuestos del humus y en su comportamiento desde el punto de vista fisicoquímico. Estas clasificaciones de los compuestos orgánicos se hacen esencialmente basadas en la solubilidad de esos constituyentes en distintos solventes dando como resultado la distinción de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas. Los ácidos fúlvicos (AF) son la fracción del humus extraíble tanto en reactivos ácidos como alcalinos y no precipitables en medio ácido. Los ácidos húmicos (AH) son los compuestos orgánicos, extraíbles con reactivos alcalinos pero que se precipitan en medio ácido, lo que hace posible su separación de los ácidos fúlvicos. Las huminas, representan la fracción que solamente es extraíble con hidróxido de sodio en caliente y que se considera difícilmente mineralizable e íntimamente ligada a los coloides minerales (Tonelli *et al.*, 1997).

Los principales efectos de la MOS sobre las características de los suelos y los cultivos son: la materia orgánica favorece la formación de agregados, debido a su acción cementante, incrementa la agregación de partículas y mejora la estabilidad de la estructura del suelo; en la superficie del suelo, la materia orgánica produce color oscuro del suelo; favorece el almacenaje de agua aprovechable; la materia orgánica mejora la fertilidad natural del suelo a través de diferentes mecanismos y la materia orgánica puede influir negativamente sobre el desarrollo de microorganismos del suelo (Stevenson, 1994).

La fertilidad del suelo es la capacidad de éste de sustentar la vida vegetal, la que a su vez depende de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, de la capacidad de retención de agua, de la existencia de un espacio físico para el crecimiento de raíces y movimiento de gases, y de la ausencia de procesos de destrucción. La fertilidad natural de un suelo está determinada en gran parte por la presencia de materia orgánica en éste. La materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos vegetales y animales de todas las clases, más o menos descompuestos y transformados por la acción de los microorganismos

(Sepúlveda, Tapia y Ardiles, 2010).

El suelo es generalmente un hábitat favorable para la proliferación de microorganismos y en las partículas que lo forman se desarrollan micro colonias. Típicamente en el suelo se encuentran de 10^6 a 10^9 bacterias por gramo de suelo. Los microorganismos del suelo comprenden virus, bacterias, *Archaeas*, hongos, algas y protozoos. La concentración de materia orgánica relativamente alta en el suelo favorece el desarrollo de microorganismos heterótrofos. Algunos de los géneros de hongos y bacterias zimógenos son *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Penicilium*, *Aspergillus* y *Mucor* (Atlas y Bartha, 2002)

Las funciones biológicas de la materia orgánica del suelo son principalmente las de proporcionar un reservorio de energía metabólica que conduzca a los procesos biológicos, actuar como fuente de macronutrientes y micronutrientes y asegurar que tanto la energía como los nutrientes sean almacenados y liberados de una manera sostenible (Krull *et al.*, 2005). Así los procesos biológicos mantienen una relación con las propiedades químicas y estructurales del suelo.

La MOS asegura un suministro y liberación sostenida de macro y micronutrientes. Muchos de los nutrientes de la MOS se derivan de la mineralización y se hacen disponibles para que las plantas los tomen durante la descomposición, por esta razón, la fracción de materia orgánica particulada se considera la porción de la MOS más importante como suministro de nutrientes a las plantas (Wolf y Snyder, 2003).

Una de las funciones biológicas de la MOS es proporcionar un reservorio de energía metabólica para que los procesos biológicos se lleven a cabo. Las plantas asimilan el carbono de la atmósfera como CO_2 , lo transforman y se producen los procesos micro y microbiológicos que proporcionan energía, entonces se establece un ciclo que une los procesos de transformación sobre y dentro del suelo (Krull *et al.*, 2005).

Las plantas asimilan el carbono de la atmósfera vía fotosíntesis. Estos

compuestos son transformados en biomoléculas más complejas, las cuales entran al suelo a través de la hojarasca, raíces o exudados de la raíz. Estos materiales proporcionan energía para organismos heterotróficos y en un grado menor para procesos quimiotrópicos en el suelo (incluyendo microorganismos, hongos y lombrices de tierra) lo cual resulta en la formación de materia orgánica en creciente complejidad y recalcitrante, así como pérdida de CO₂ a la atmósfera por vía de la respiración. Este desprendimiento de CO₂ por la mineralización de la materia orgánica se correlaciona con la actividad microbiológica del suelo, y por tanto con la biomasa microbiana.

La fuente básica de energía y de carbono para la producción heterotrófica es el carbono producido en la fotosíntesis, cuanto el carbono reducido excede al carbono oxidado en la respiración, el carbono orgánico se acumulará en el suelo. En un estado estable, la cantidad de MOS almacenada en un suelo refleja el balance entre el C producido en equilibrio con el C en descomposición o lixiviado. La transformación de MOS estabilizada de creciente complejidad puede ser vista como una forma de conservación de energía. La energía que se produce en los procesos de descomposición en el suelo es principalmente liberada en forma de calor. El cálculo de la pérdida de calor anual de una hectárea en un suelo no tratado de baja producción, encontrando que el calor generado era equivalente a cerca de 1 tonelada de carbón (12 Mg anualmente) (Krull *et al.*, 2005).

Los mismos autores mencionan que la pérdida de nutrientes puede ocurrir por la escorrentía o por conversión a forma gaseosa, o ser inmovilizados. La mineralización de compuestos orgánicos complejos principalmente por procesos microbianos es posible debido a la conversión de energía de fuentes primarias por organismos heterotróficos. Algunos de los nutrientes del suelo son usados en la síntesis de nueva biomasa, algunos son inmovilizados y otros son mineralizados y liberados en formas disponibles para las plantas.

Con excepción de los fertilizantes, la MOS proporciona el más grande conjunto de macronutrientes (carbono C, nitrógeno N, fósforo P y azufre S) para el crecimiento de las plantas. Solo entre 40 y 50% del N orgánico se encuentra en forma de aminoácidos, el resto se encuentra en estructuras no identificables.

El S orgánico del suelo está principalmente en forma de aminoácidos (metionina, cisteína, cistina) con un valor superior a 30%. Entre 30 y 80% de P orgánico extraíble está en forma de mono-ésteres, siendo fosfato éster de inositol el compuesto identificado con mayor proporción (5-80%) (Baldock y Nelson, 2015).

La relación C: N: S: en suelos agrícolas (130: 10: 1) difiere de suelos con vegetación autóctona (no cultivados) (200: 10: 1). Estas diferencias podrían implicar que la mineralización de C es preponderante en suelos cultivados, o que existe una alta concentración de nutrientes en suelos arados debido a la fertilización. La relación C/N de la MOS varía de acuerdo a la relación C/N de la vegetación y del grado de descomposición, puede estar entre 12 y 16, pero puede ser más elevada en ambientes donde la descomposición del COS esté restringida (Baldock y Skjemstad, 2000).

Los agregados del suelo proporcionan una importante capacidad para almacenamiento transitorio de macronutrientes, y pueden influenciar la disponibilidad de nutrientes, principalmente en suelos tropicales. Los contenidos de C, N, P, y S de los agregados y la relación C/N están estrechamente relacionados con el tamaño del agregado. Sin embargo, los diferentes métodos usados para la determinación de agregados hacen difícil la comparación entre los resultados de diferentes estudios (Six *et al.*, 2002)

Los microorganismos cumplen un papel importante en la transformación de la materia orgánica y nutrientes, entre el 80 y 90 % del total del metabolismo del suelo se debe a procesos microbianos, entre el 1 y 5 % del C y N en el suelo se encuentra en forma de tejido microbiano vivo y la biomasa microbiana es estimada (en suelos templados con gramíneas) de 1 a 2 toneladas/ha. De hecho, diferentes parámetros microbiológicos del suelo (carbono de la biomasa microbiana, respiración basal, entre otros) han sido sugeridos como posibles indicadores de la calidad del suelo y en particular, el grado de diversidad microbiana se piensa que proporciona una medida de la calidad del suelo (Nannipieri *et al.*, 2003).

Las diferentes prácticas de manejo del suelo y la adición de enmiendas

orgánicas pueden afectar el estatus y la liberación de nutrientes de la MOS. Mientras la mínima labranza o la no labranza, usualmente aumenta el contenido del COS, la disponibilidad de nutrientes para los cultivos tiende a reducirse y resulta en una acumulación gradual de reserva de nutrientes en la MOS (Krull *et al.*, 2005). Leoreau *et al.* (2001) resumen diferentes aspectos de la biodiversidad de los suelos y muestran que la relación entre diversidad y productividad frecuentemente se describe por una curva unimodal, lo que sugiere que existe un nivel óptimo de biodiversidad.

Degens *et al.* (2000) sugieren que la resiliencia de un suelo está determinada por una combinación del contenido de COS, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la biomasa microbiana, según los resultados obtenidos en sus investigaciones en suelos de pastoreo en comparación con suelos arables; ellos obtuvieron un mayor valor de COS y CIC para los suelos de pastoreo que en suelos arables, y esto se correlacionó con una mayor resistencia a tensiones y otras perturbaciones en las células microbianas. Suelos con una gran diversidad microbiana son más resistentes y resilientes a perturbaciones que suelos con comunidades menos diversas.

Desde comienzos de la revolución industrial, el hombre ha alterado drásticamente los ciclos biogeoquímicos, tanto local (en ecosistemas) como globalmente. Los cambios globales son impulsados por el crecimiento exponencial de la población y el concomitante consumo de recursos.

Las condiciones ambientales influyen la calidad del suelo como hábitat para la biota del suelo (fauna, flora, microbiota). Los cambios globales, debidos principalmente al calentamiento global del planeta y que se traducen en alteraciones en el clima. Los cambios bruscos de temperatura de estación a estación en países templados y las variaciones en los periodos de lluvia y sequía en países tropicales causan perturbaciones en las condiciones de hábitat en el suelo a través de sus efectos en la abundancia y biomasa de las especies, estructuras de comunidades, cambios en la diversidad y la genética en poblaciones entre otros factores (Potthoff y Beese, 2004).

Gestiones y prácticas de conservación ambiental apropiadas para el suelo pueden que no sean suficientes, debido a que los cambios ambientales pueden poner en riesgo los beneficios que estas prácticas puedan tener en el suelo.

Una mejor interpretación de la importancia del carbono orgánico del suelo y el conjunto de nutrientes, además de la actividad microbiana en diversos ecosistemas es necesaria para desarrollar sistemas de manejo del suelo, los cuales fortalezcan su sustentabilidad y productividad (Xu *et al.*, 2004) y los diferentes ecosistemas que este constituye, tales como bosques forestales y agroecosistemas.

Hipótesis

Ho: La materia orgánica no es parte sustantiva del recurso suelos, por lo tanto, su importancia es relativa dentro del proceso productivo, así como en la calidad de este y su sostenibilidad.

Ha: La materia orgánica no es parte sustantiva del recurso suelos, por lo tanto, su importancia es relativa dentro del proceso productivo, así como en la calidad de este y su sostenibilidad.

3.2. Metodología de la investigación

Para la realización de este trabajo se implementó el método de trabajo de reporte y síntesis. En este proceso se seleccionó la información bibliográfica, filmográfica e histórica, misma que debía tener las suficientes referencias técnicas para su validación. Fue necesario el uso de libros, revistas, artículos científicos y páginas web debidamente certificadas. La información entró en un proceso de valoración por su importancia y fue resumida para su uso.

CAPÍTULO II. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Situaciones detectadas

El impacto ecológico y socioeconómico producido por la agricultura convencional (agricultura de alto costo energético), recién nos está llevando a comprender sus grandes limitaciones para resolver el problema de la seguridad alimentaria, especialmente en los países con alta diversidad geográfica, ecológica y cultural. Su aplicación no sólo ha provocado la degradación de los recursos naturales, sino también, es responsable de la pérdida paulatina del recurso suelo.

Esta forma de explotación del suelo está acelerando su degradación y afectando su fertilidad natural, poniendo en peligro su productividad. No olvidemos que la causa del deterioro de este recurso tiene su origen en factores socioeconómicos, en la sobreexplotación de la capacidad de uso de las tierras y en prácticas de manejo inadecuadas; con toda razón esta situación es considerada como una crisis silenciosa que avanza rápidamente con la destrucción de la base productiva en el medio rural y por lo general es ignorado por los gobiernos y la población en general.

La degradación de los suelos es un problema ambiental y significa la reducción de la fertilidad física, química y biológica del suelo. Haciendo una comparación, este problema es tan importante como la reducción de la capa de ozono y el efecto invernadero, porque afecta directamente la seguridad alimentaria de los pueblos.

Es importante indicar que la sustentabilidad de los sistemas de producción depende fundamentalmente del mantenimiento de la productividad del suelo; para ello el desarrollo, la restauración y mantenimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo depende en gran medida de la capacidad de reciclaje de los recursos orgánicos y de las actividades de la micro y meso fauna, que deben ser favorecidos por las acciones de manejo que se realicen en las unidades agrícolas.

Los cambios desfavorables en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo provocan efectos negativos en la productividad de los cultivos y en la calidad ambiental. Estos procesos de degradación pueden ser causados por variaciones climáticas o provocadas por la acción del hombre.

El incremento del uso de los fertilizantes sintéticos no solo afecta nuestra economía, sino también provoca la esterilización del suelo y el agotamiento de los micronutrientes (zinc, hierro, cobre, manganeso, molibdeno y boro), el cual influye negativamente en la salud de las plantas, animales y seres humanos.

La reducción de la materia orgánica en la capa superficial del suelo disminuye de la actividad microbiológica, eliminación de cepas nativas de microorganismos que participan en el reciclaje de N y P, y de aquellos que ayudan a regular las poblaciones de patógenos en el suelo. Esta degradación se debe fundamentalmente a la eliminación de la cobertura vegetal y a la incapacidad de garantizar el reciclaje de la biomasa producida en el predio; esta situación se ve empeorada por la aplicación de agrotóxicos que afectan directamente a la población microbial del suelo.

2.2. Soluciones planteadas

Son muchas las premisas que debemos tomar en cuenta para manejar el recurso suelo; la diversidad ecológica y cultural con que cuenta el Ecuador posibilita un abanico de opciones para recrear y validar una serie de tecnologías ecológicas que permitan mantener en el tiempo la productividad de este recurso. La tecnología desarrollada como el manejo de las laderas mediante la construcción de andenes, las diferentes prácticas físico-mecánicas y agronómicas son antecedentes históricos sobre la importancia que ha significado conservar el suelo como fuente de vida.

Los diferentes tipos de suelos existentes en la Costa, Sierra y Selva requieren prácticas de manejo específicas que respondan a su capacidad de uso y a su grado de susceptibilidad a la degradación. Estas medidas deben estar orientadas a evitar la eliminación de la cobertura vegetal, la deforestación y la quema. De igual manera se debe reducir la labranza intensiva, el uso de

fertilizantes sintéticos y evitar el uso de plaguicidas, con el propósito de mantener y conservar la fertilidad natural de los suelos.

1. La diversificación productiva en el espacio y el tiempo, son determinantes para ciclaje y reciclaje de la biomasa. Esta condición permite estabilizar los niveles de materia orgánica en el suelo, un balance adecuado de macronutrientes y micronutrientes, y garantiza una abundante población de la macro y microfauna que regula la actividad biológica del suelo.
2. La conservación efectiva y el mantenimiento de la fertilidad del suelo, debe ser un componente primario en el manejo del sistema de producción agrícola. Estas prácticas de manejo deben minimizar la tasa de degradación biológica del suelo, y de preferencia deben ser de carácter preventivo.
3. Las tecnologías para el manejo de los suelos deben estar basados en la capacidad de respuesta de los propios cultivos a la disponibilidad de los elementos nutritivos en el suelo.
4. El manejo de las unidades productivas debe propiciar la mayor actividad de los microorganismos simbióticos y a simbióticos para incrementar la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. En este sentido el uso de biofertilizantes, de los abonos orgánicos y la labranza mínima son ideales.
5. El incremento de la actividad biológica del suelo también va a facilitar la solubilidad de los minerales primarios, de esta manera incrementar su disponibilidad para ser aprovechados por las plantas.
6. El éxito para promover el uso y mantenimiento de la materia orgánica del suelo en un sistema de manejo convencional a un sistema de manejo más sustentable requiere desarrollar tecnologías competitivas, que muestren resultados económicos y otros beneficios complementarios para el agricultor en el corto y mediano plazo.

2.3. Conclusiones

- A. La fuente de elementos en los suelos puede ser orgánica o inorgánica. Su aporte y dinámica está influenciada por el material de origen y por los procesos de evolución del suelo. Es así, que los conceptos de fertilidad “potencial y actual” están determinados por la mineralogía del suelo, el tipo y cantidad de materiales orgánicos y los procesos formativos del

suelo.

- B. Los niveles de MO en los suelos son el resultado del balance entre la incorporación de compuestos orgánicos y su mineralización. En condiciones de equilibrio, los suelos presentan unos contenidos estacionarios de materia orgánica porque las incorporaciones de nuevos compuestos se compensan con las pérdidas por mineralización. Por el contrario, existen evidencias de que, con frecuencia, la materia orgánica no se repone adecuadamente en suelos de cultivo, pues tienden a la especialización y el monocultivo.
- C. El cultivo ocasiona una disminución de la materia orgánica del suelo debido a causas diversas: porque disminuyen los aportes de materia orgánica al suelo, se ven afectados los regímenes de humedad y temperatura del suelo, y se favorece la oxidación de la materia orgánica del suelo al romperse los agregados del suelo por acción del laboreo y quedar expuestos los materiales orgánicos que eran inaccesibles a una descomposición rápida. Por el contrario, la acumulación de materia orgánica se ve favorecida por las prácticas agrícolas positivas.
- D. El contenido de materia orgánica no es en sí mismo un estimador absoluto de la calidad de un suelo, sino que hay que contextualizarlo, de no hacerlo así podríamos concluir que los mejores suelos están en el hemisferio norte y los peores en los subtrópicos

2.4. Recomendaciones

- A. Para las funciones productivas, evaluables por los incrementos a corto plazo de los rendimientos vegetales, los valores recomendados oscilan entre un 2 y 6 % de materia orgánica.
- B. La adición de MO es una acción obligada si se quiere reconstruir rápidamente la actividad biológica y la capacidad productiva de los suelos degradados.
- C. Producir la activación de los microorganismos del suelo que a su vez van a ayudar en los procesos de transformación de la materia orgánica y en los de estructuración del suelo.
- D. Las técnicas para conservar o mejorar la estructura edáfica y la actividad biológica son muy diversas en función de las condiciones ambientales

locales y de los tipos de materias orgánicas disponibles en la propia finca o en la localidad, así como de cultivos de microorganismos u otros compuestos orgánicos disponibles, seleccionar las mas indicadas para cada zona.

BIBLIOGRAFÍA

1. Atlas, R; Bartha, R. 2002. Ecología microbiana y Microbiología ambiental, 4ta edición. Pearson Educación, Madrid. 35p.
2. Bååth, E; Frostegård, Å; Pennanen, T; Fritze, H. 1995. Microbial community structure and pH response in relation to soil organic matter quality in wood-ash fertilized, clear-cut or burned coniferous forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 27(2), 229-240.
3. Baldock, JA; Nelson, PN. 2015. Soil Organic Matter. En "Handbook of Soil Science". (Ed M. E. Sumner.) CRC Press: Boca Raton, USA. P.p. B25 B84.
4. Baldock, JA; Skjemstad, JO. 2000. Soil organic carbon/soil organic matter. In "Soil Analysis: an Interpretation Manual". (Eds. K. I. Peverill, L. A. Sparrow, and D. J. Reuter.) CSIRO Publishing: Collingwood. P.p. 159-170.
5. Degens, BP; Schipper, LA; Sparling, GP; Vojvodic-Vukovic, M. 2000. Decreases in organic C reserves in soils can reduce the catabolic diversity of soil microbial communities. *Soil Biol. Biochem.* 32, 189-196.
6. García, A. 2005. Edafología. Ciencias Ambientales. Consultado 02 Agosto 2019). Disponible en Internet: <http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL5PFQReaccion.htm>
7. Jackson, ML. 2003. El origen de los abonos orgánicos. Editorial Grandes. Barcelona, España. 175 p.
8. Karlen, DL; Ditzler, CA; Andrews, S; Gerber, H. 2003. Soil quality: why and how? *Geoderma* 114, 145-156.
9. Krull, ES; Skjemstad, JO; Baldock, J. 2005. Functions of Soil Organic Matter and the Effect on Soil Properties. GRDC Project No CSO 00029: Residue Management, Soil Organic Carbon and Crop Performance.
10. Lal, R. 2000. Soil conservation and restoration to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Man and Soil at the Third Millenium. Proc. Thirs Int. Congress of the European Soc. for Soil Conservation*, 37-51p.

11. Li, Q; Lee Allen, H; Wollum II, AG. (2004). Microbial biomass and bacterial functional diversity in forest soils: effects of organic matter removal, compaction, and vegetation control. *Soil Biol. Biochem.* 36, 571-579.
12. Loreau, M; Naeem, S; Inchausti, P; Bengtsson, J; Grime, JP; Hector, A; Hooper, DU; Huston, MA; Raffaelli, D; Schmid, B; Tilman, D; Wardle, DA. 2001. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges. *Science* 294, 804-808.
13. Nannipieri, P, Ascher, J; Ceccherini, MT; Landi, L; Pietramellara, G; Renella, G. 2003. Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science* 54, 655-670.
14. Nogales, B. 2005. La microbiología del suelo en la era de la biología molecular: descubriendo la punta del iceberg. *Ecosistemas*. Consultado 08-08-2019. 2005/2 ([URL:http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=116&Id_Categoria=2&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=116&Id_Categoria=2&tipo=portada)).
15. PNUMA (Programa de la Naciones Unidas para el Ambiente). 2018. Anuario e informe anual. VII Encuentro de medio ambiente. Roma. 272p.
16. Potthoff, M; Beese, F. 2004. Soil biota: Global change and the function of forest soils as a habitat for soil organisms. *International Symposium "Forest soils under global and local changes: from research to practice"*. Francia. P.p. 44-45.
17. Rodríguez, P. 2006. Evaluación del impacto ambiental en la producción agrícola. Diplomado en soporte digital. Universidad del Oriente, Santiago de Cuba. Serie 6. 45-48 p.
18. Sarmiento, L; Bottner, P. 2002. Carbon and nitrogen dynamics in two soils with different fallow times in the high tropical Andes: indications for fertility restoration. *Appl. Soil Ecol.* 19: 79-89.
19. Sepúlveda, F; Tapia, F; Ardiles, S. 2010. Beneficios de la materia orgánica en los suelos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro de Investigación Especializado en Agricultura del desierto y altiplano (CIE), Ministerio de Agricultura. Chile. Informativo n° 23-04-2010
- Six, J; Feller, C; Denef, K; Ogle, SM; Morales, JC; Albrecht, A. 2002. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils- Effects of no-tillage. *Agronomie* 22, 755-775.

20. Stevenson, FJ. 1994. Humus Chemistry. Genesis, composition, reactions. Wiley and Sons, New York. 145p.
21. Tonelli, D; Seeber, R; Ciavatta, C; Gessa, C. 1997. Extraction of humic acids from a natural matrix by alkaline pyrophosphate. Evaluation of the molecular weight of fractions obtained by ultrafiltration. *Fresenius J. Anal. Chem.* 359: 555-560.
22. Wolf, B; Snyder, GH. 2003. Sustainable Soils: The place of organic matter in sustaining soils and their productivity. Food Products Press of The Haworth Press: New York. 256p.
23. Xu, Z; Ward, S; Chen, C; Blumfield, T; Prasolova, N. 2004. Soil carbon and nutrient pools, microbial properties and gross nitrogen transformations in adjacent natural forest and hoop pine plantations of subtropical Australia. International Symposium "Forest soils under global and local changes: from research to practice". Francia. P.p. 51 54.

ANEXOS

Tabla 1. Contribución de las funciones físicas, químicas y biológicas de la Materia Orgánica a las propiedades del suelo. (Stevenson 1994)

Funciones Físicas

Color	Da el color, retiene agua, ayuda a prevenir el encogimiento y secado, se combina con los minerales de las arcillas, mejora las propiedades de retención de humedad, estabiliza la estructura y permite el intercambio de gases.
Retención de Humedad	
Combinación con minerales arcillosos	

Funciones Químicas

Quelación	Por quelación mejora la disponibilidad de nutrientes; su acción amortiguadora mantiene la reacción del suelo uniforme y aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
Acción Buffer	
Capacidad de intercambio catiónico	

Funciones Biológicas

Mineralización	La mineralización proporciona una fuente de nutrientes, la combinación con xenobióticos influye en su biodisponibilidad y disminuye su efectividad como pesticidas.
Reacción con otras moléculas	

Tabla 2. Algunos géneros representativos de bacterias en el suelo.

BACTERIAS
BACTERIAS HETERÓTRÓFAS
<i>Acinetobacter, Agrobacterium, Alcaligenes, Arthrobacter, Bacillus, Brevibacterium, Caulobacter, Cellulomonas, Corynebacterium, Flavobacterium, Micrococcus, Mycobacterium, Pseudomonas, Staphylococcus, Streptococcus y Xanthomonas.</i>
MIXOBACTERIAS
<i>Myxococcus, Chondrococcus, Archangium y Polyangium.</i>
BACTERIAS FOTOAUTOTRÓFAS
<i>Anabaena, Chroococcus, Cyndrospermun, Lyngbya, Microcoleus, Nodularia, Nostoc, Oscillatoria, Phormidium, Plectonema, Schizothrix, Scytonema y Tolypothrix.</i>
BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO
<i>Azotobacter, Clostridium, Rhizobium, Bradyrhizobium</i>
ACTINOMICETES
<i>Streptomyces, Nocardia, Micromonospora, Actinomyces</i>

Tabla 3. Algunos géneros representativos de hongos filamentosos en el suelo.

HONGOS IMPERFECTOS
<i>Phoma, Cephalosporium, Geotrichum, Aspergillus, Penicillium, Aureobasidium, Cladosporium, Helminthosporium, Alternaria, Fusarium, Tricoderma, Arthrobotrys.</i>
HONGOS INFERIORES
<i>Rhizopus, Mucor, Allomyces, Saprolegnia, Pythium</i>
BASIDIOMICETOS
<i>Agaricus, Amanita, Coprinus, Rhizoctonia, Russula, Boletus</i>
ASCOMICETOS
<i>Morchella</i>
