

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS EN CONSERVACION DE
SUELOS Y AGUA



EFFECTO DEL ESTIÉRCOL DE CUY, ASERRÍN Y MICROORGANISMO
DE MONTAÑA EN LA GÉNESIS DE LA ESTRUCTURA DEL SUELO
DEGRADADO EN TINGO MARÍA

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

LISSETT SILVIA BARRIOS CHAVEZ

PROMOCIÓN 2009 - I

Tingo María – Perú

2011

DEDICATORIA

A Dios con eterna gratitud, mi fiel
compañero, guía y defensor que
ilumina mi existir.

A mis queridos padres, José Emiliano
Barrios Castillo y Sara Chávez Aguirre,
por su amor y sacrificio, para hacer
realidad mi profesión.

A mis hermanos, Carlos, Moisés y
Henry por apoyarme siempre en el
logro de mis metas y sueños.

A mis cuñadas, Carmen Basilio y
Marielena Villavicencio, por su apoyo
moral.

AGRADECIMEINTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Alma Mater, en especial a los profesores y amigos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes me apoyaron en mi formación profesional.

Al Ing. Obregón Peña, Roberto, patrocinador del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Huamaní Yupanqui, Hugo Alfredo, copatrocinador del presente trabajo, por sus aportes en todo el trabajo de investigación.

Al Ing. Neira Trujillo, Gilmer Milton, por el apoyo y facilidades en la realización de la tesis.

Al Blgo. Huauya Rojas, Miguel, por su apoyo incondicional en el presente trabajo.

Al Ing. Ruiz Vásquez, David Alfredo, por sus consejos de motivación y comprensión.

A mis amigas y amigos Cheril Pricilla Bustillos Saldaña, Claudia Aycachi López, Marcia Cisneros Beraún, Nela Espinoza Bustamante, Yenni Sánchez Castro, Fernando Salcedo Caveró, Dave Rivera Cruz, Lizbeth Tupiño Peláez, Karina García Ruiz y Marussia Reátegui Vásquez, quienes me brindaron su apoyo y afecto personal, puro y desinteresado fortificándome para el logro del presente trabajo.

A todas las personas que en forma directa o indirecta hicieron posible el término del presente estudio, a todos ellos muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades	3
2.1.1. Suelo	3
2.1.2. materia orgánica del suelo.....	3
2.1.3. Acidez del suelo	4
2.2. Génesis de la estructura del suelo.....	5
2.3. Propiedades físicas del suelo	6
2.3.1. Estructura	6
2.3.2. La porosidad.....	7
2.3.3. Velocidad de infiltración	7
2.4. Macrofauna del suelo	8
2.5. Mesofauna del suelo	9
2.6. Biodiversidad del suelo.....	10
2.6.1. Variabilidad de microorganismos en el suelo	11
2.6.2. Microorganismos del suelo	11

2.6.3. Factores que afectan a los microorganismos en el suelo.....	13
2.7. Microbiología del suelo	15
2.7.1. Ciclos biogeoquímicos	15
2.7.2. Ciclo del nitrógeno	15
2.8. Microbiología del suelo en la era de la biología molecular	16
2.8.1. El suelo como hábitat para los microorganismos	16
2.9. Las enmiendas orgánicas.....	17
2.9.1. Estiércol.....	17
2.9.2. Aserrín.....	18
2.9.3. Microorganismo de montaña (MM)	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Campo experimental	21
3.1.1. Ubicación del experimento.....	21
3.1.2. Características climáticas de la zona del experimento	21
3.2. Características del campo experimental	22
3.2.1. Componentes en estudios	22
3.3. El diseño experimental	24
3.4. Disposición experimental.....	25
3.4.1. Variable experimental	26
3.5. Métodos	27
3.5.1. Ejecución del experimento.....	27
3.5.2. Metodología para determinar las variables de estudio	29

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1. Propiedades físicas del suelo por efecto de la materia orgánica	34
4.1.1. Densidad aparente y porosidad	34
4.1.2. Análisis de agregados	37
4.1.3. Velocidad de infiltración	45
4.1.4. Textura del suelo	47
4.1.5. Materia fresca.....	52
4.2. Cuantificación de macrofauna	55
4.3. Actividad metabólica a través de la respiración	57
V. CONCLUSIONES	6060
VI. RECOMENDACIONES.....	622
VII. ABSTRACT	623
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	655
IX. ANEXOS	71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Clasificación de macrofauna del suelo.	9
2. Clasificación de artrópodos en relación a su función en el suelo.....	9
3. Medias mensuales de precipitaciones durante el periodo de investigación (mayo - diciembre, 2010), del centro poblado Bella.....	21
4. Cantidad de enmiendas orgánicas aplicadas por tratamiento.	23
5. Descripción de los tratamientos en estudio.	23
6. ANVA de un diseño de parcelas divididas en DBCA.	25
7. Análisis de varianza de la densidad aparente y porosidad.	34
8. ANVA de análisis de agregados de suelo: método seco y mojado.	38
9. Duncan del nivel B (enmiendas orgánicas) de agregados: método mojado.....	40
10. Datos de análisis de agregados: método seco (50 g de suelos).....	42
11. Comparación de ANVAs por tamiz del análisis de agregados: método seco.....	42
12. Comparación de ANVAs por tamices del análisis de agregados: método mojado.....	43
13. Duncan en comparación del nivel B (enmiendas orgánicas) por el tamiz 5 mm del análisis de agregados: método mojado.	44

14. Duncan de la interacción del tipo de suelo y enmiendas orgánicas (AXB) por el tamiz 2 mm del análisis de agregados: método mojado.	44
15. Análisis de varianza de velocidad de infiltración.....	46
16. Análisis de varianza de textura del suelo: arena, limo y arcilla.	48
17. Duncan del nivel A (tipo de suelo) de textura: arena, limo y arcilla.....	47
18. Duncan del nivel B (dosis t/ha) de textura: arena, limo y arcilla.....	49
19. Duncan del nivel A x B (tipo de suelo x dosis t/ha) de textura: arena, limo y arcilla.....	50
20. Análisis de varianza de materia fresca.	52
21. Duncan del nivel A (tipo de suelo) de materia fresca.	53
22. Duncan del nivel B (dosis) de materia fresca.	54
23. Análisis de varianza de macrofauna.....	55
24. Análisis de varianza de actividad metabólica (respiración).....	57
25. Duncan del nivel B (dosis) de la actividad metabólica (respiración).	58
26. Datos de porosidad y densidad aparente del suelo.....	72
27. Datos de velocidad de infiltración.....	73
28. Datos de los agregados por el método seco.	74
29. Datos de los agregados por el método húmedo.	75
30. Datos de materia fresca en recuperación de suelos después de 4 meses.....	76
31. Datos de textura del suelo.	77
32. Datos para la actividad metabólica de los microorganismos.	78

33. Datos del número de especies de macrofauna.	79
34. Análisis de varianza de densidad aparente.	80
35. Análisis de varianza de porosidad.	80
36. Análisis de varianza de análisis de agregados: método seco.	80
37. Análisis de varianza de análisis de agregados: método mojado.	81
38. Análisis de varianza de velocidad de infiltración.	81
39. Análisis de varianza de materia fresca.	81
40. Análisis de varianza de textura de suelo: arena.	82
41. Análisis de varianza de textura de suelo: limo.	82
42. Análisis de varianza de textura de suelo: arcilla.	82
43. Análisis de varianza de actividad metabólica	83
44. Análisis de varianza de macrofauna.	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Características del campo experimental.....	26
2. Densidad aparente del suelo a nivel de dosis.	36
3. Porosidad del suelo a nivel de dosis.	37
4. Análisis de agregados del suelo por el método seco a nivel de dosis.	39
5. Análisis de agregados del suelo en método mojado a nivel de dosis.	41
6. Velocidad de infiltración del suelo a nivel de dosis.	47
7. Textura del suelo a nivel de dosis: arena	50
8. Textura del suelo a nivel de dosis: limo.....	51
9. Textura del suelo a nivel de dosis: arcilla.	51
10. Materia fresca a nivel de dosis.	54
11. Número de macrofauna del suelo a nivel de dosis.	56
12. Actividad metabólica a través de la respiración de tres días del suelo a nivel de dosis.	58
13. Mezcla de la materia orgánica (estiércol y aserrín).	84
14. Pesado de la materia orgánica (estiércol, aserrín y microorganismo de montaña).	84
15. Cultivo de malezas y delimitación de las parcelas de trabajo.	85
16. Incorporación de materia orgánica a las parcela de estudio.....	85

17. Parcela de estudio terminado, antes de 4 meses.....	86
18. Parcela después de 4 meses, comienzo de las evaluaciones (propiedades físicas, macrofauna y actividad microbiana).	86

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó entre los meses de mayo del 2010 a abril del 2011, titulada “Efecto del estiércol de cuy, aserrín y microorganismo de montaña en la génesis de la estructura del suelo degradado en Tingo María”, buscando determinar el efecto del estiércol de cuy, aserrín y microorganismo de montaña en las propiedades físicas del suelo (textura, densidad aparente, % porosidad, porcentaje de agregados y velocidad de infiltración), la cantidad de macrofauna y la actividad metabólica del suelo. La metodología empleada se basó en la determinación y preparación del terreno, muestreo del suelo y aplicación de enmiendas orgánicas; y luego se determinó la textura, densidad aparente, % de porosidad, análisis de agregados, determinación de la velocidad de infiltración, la macrofauna y la respiración metabólica.

Obtuvimos que el efecto de la materia orgánica más microorganismo de montaña y materia orgánica solo, modificó las propiedades físicas del suelo tales como: La densidad aparente aumenta cuando se aplica materia orgánica más microorganismo de montaña, para el porcentaje de porosidad los resultados fueron inversos a la densidad aparente. En el análisis de agregados, por el método seco, aumenta el porcentaje de agregados al aplicar niveles materia orgánica solo; por el método mojado, al aplicar niveles

de materia orgánica más microorganismo de montaña y materia orgánica solo aumenta el porcentaje de agregados. La velocidad de infiltración aumenta al aplicar niveles de materia orgánica. Aumentó la población de macrofauna al incrementar los niveles de materia orgánica más microorganismo de montaña. La actividad metabólica aumenta al incrementar niveles de materia orgánica más microorganismo de montaña y materia orgánica solo.



I. INTRODUCCIÓN

En el alto Huallaga, la coca es el cultivo predominante en las últimas décadas; a través de su manejo inadecuado, los suelos de esta zona no sólo han perdido su fertilidad natural, sino que también se alteraron las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo convirtiéndose en suelos degradados. El deterioro de las propiedades física se manifiesta en la destrucción de la estructura del suelo lo que influye sobre las otras propiedades. Estas características físicas, químicas y biológicas del suelo son las que van a brindar las condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo de los cultivos; los que a su vez, tienen influencia directa o indirecta sobre la aireación, conservación de la humedad, resistencia a la erosión, disponibilidad en cantidad y calidad de los nutrientes, entre otros.

El efecto de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas se conoce desde tiempos remotos, aún cuando su grado de efectividad difiere para las distintas condiciones edafoclimáticas. Existiendo poca información sobre las fases iniciales en los procesos de la generación de la estructura del suelo.

Los microorganismos de montaña mejoran la actividad microbiana, de esa manera favorece la descomposición de la materia orgánica. Constituye un sistema ecológico en el cual habita una infinidad de organismos (macro,

meso y micro), que conforman un ecosistema balanceado, donde el tipo y número de los diferentes grupos de microorganismos presentes se relacionan con la calidad del suelo y los factores ambientales.

Bajo estas consideraciones con la pretensión de demostrar que el estiércol de cuy, aserrín y microorganismos de montaña influyen al menos en las propiedades físicas y biológicas en la formación de la estructura del suelo.

1.1. Objetivo general

- Determinar el efecto del estiércol de cuy, aserrín y microorganismo de montaña en la génesis de la estructura del suelo.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del estiércol de cuy, aserrín y microorganismo de montaña en las propiedades físicas del suelo (textura, densidad aparente, % porosidad, porcentaje de agregados y velocidad de infiltración).
- Determinar el efecto del estiércol de cuy, aserrín y microorganismo de montaña en la cantidad de macrofauna.
- Determinar el efecto del estiércol de cuy, aserrín y microorganismo de montaña en la actividad metabólica.



II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades

2.1.1. Suelo

FOTH (1990) manifiesta que deriva del latín solum que significa piso o superficie de la tierra. La gran diversidad de suelos que existe en el mundo dificulta dar una definición más precisa. Es aquel en que se le considera como medio para el desarrollo de las plantas.

PLASTER (2000) cita que está formado por partículas sólidas. Entre esas partículas sólidas hay espacios porosos que contienen gases y/o agua. Esta combinación de partículas sólidas y espacios porosos se llama matriz del suelo, un sistema de tres fases de sólido, líquido y gas. Los expertos en suelo consideran que el suelo ideal está formado por un 50% de material sólido (45% de partículas minerales y un 5% de materia orgánica), un 25% de agua y un 25% de aire.

2.1.2. Materia orgánica del suelo

MILIARIUM (2004) cita que la degradación biológica del suelo consiste en la pérdida de materia orgánica por disminución de aportes vegetales, y por el aumento de la tasa de mineralización. Esto es consecuencia

principalmente de la erosión hídrica, los malos manejos del suelo en agricultura, el sobrepastoreo y la deforestación. Las consecuencias de la degradación biológica implican una pérdida de las propiedades del suelo, disminuyendo su fertilidad y su capacidad para producir bienes y servicios.

2.1.3. Acidez del suelo

ALVARADO (2004) afirma que la acidez del suelo, es uno de los principales problemas que se están considerando en los sistemas de clasificación de suelos, sea estudiado como el pH saturación de bases, o simplemente dominancia de elementos como Al y Fe. La acidez causa necrosamiento en las raíces de la planta, que se inicia en la parte apical de la raíz y con el tiempo se acerca a la base del árbol.

CARLOS (2006) cita que un factor limitante en los suelos ácidos de la selva, es el alto contenido de aluminio y un bajo pH, por lo que hace indispensable realizar enmiendas o corrección del pH.

MOLINA y ROJAS, (2005). manifiesta que la acidez del suelos afecta las características químicas y biológicas, que reducen el crecimiento de las plantas, tales como la disminución en la disponibilidad de nutrimentos como Ca, Mg, K y P, y la proliferación de elementos como Al y Mn que en cantidades altas pueden ser tóxicos para las plantas.

PLASTER (2000) manifiesta que los organismos del suelo crecen mejor en suelo casi neutro. En general un suelo ácido inhibe el crecimiento de

la mayoría de los organismos, incluyendo muchas bacterias y gusanos de tierra, por ello, el suelo retarda muchas actividades importantes llevadas a cabo por los microbios del suelo, incluyendo la fijación de nitrógeno, la nitrificación y la descomposición de la materia orgánica. La bacteria Rhizobia, prospera en un pH casi neutro y es sensible al aluminio.

2.2. Génesis de la estructura del suelo

IBAÑEZ (2005) manifiesta que los suelos son sistemas naturales abiertos y complejos, que se forman en la superficie de la corteza terrestre donde viven las plantas y gran diversidad de seres vivos y cuyas características y propiedades se desarrollan por la acción de los agentes climáticos y bióticos actuando sobre los materiales geológicos, acondicionados por el relieve y drenaje durante un período de tiempo. Una investigación realizada, donde al incorporarse 4 t/ha de humus a un suelo con contenido inicial de 2% de materia orgánica, 28% de arcilla y pH 5 se llegó a un incremento de los agregados de 0,25 mm de 46 a 72% finalmente ha sido demostrado experimentalmente, que existe alta correlación entre porcentaje de agregados mayores de 0,5 mm y el porcentaje de materia orgánica. La estructura es el acomodo o disposición de las partículas minerales en el suelo, por lo tanto, la materia orgánica cumple un rol muy importante y al influenciar sobre la porosidad del suelo van a determinar la mayor facilidad de movimiento del agua, transferencia de calor con aireación, densidad de volumen y porosidad del suelo (SOTO, 1995).

Bowen (1986) citado por RIVERA (1997) manifiesta que la estructura del suelo se evalúa determinando el grado de agregación, la estabilidad de los agregados y la naturaleza del espacio de poros, caracteres que cambian con el laboreo de la tierra y los sistemas de cultivos. La aplicación de la materia orgánica actúa como un cementante formando así los agregados, sin presentar los inconvenientes de otras materias cementantes tales como el aluminio, sílice, óxido de hierro, etc.

BAVER (1991) manifiesta que la génesis de la estructura de los suelos comprende las causas y modos de formación de las unidades estructurales o agregados. Un agregado consta de partículas primarias íntimamente agrupadas en una unidad secundaria. El mecanismo de la formación es por el fenómeno de floculación en suspensión diluida.

2.3. Propiedades físicas del suelo

2.3.1. Estructura

BELTRAN (1975) manifiesta que la estructura es el acomodo a disposición de las partículas minerales en el suelo, por lo tanto. La materia orgánica cumple un rol muy importante y al influenciar sobre la porosidad del suelo va a determinar la mayor facilidad de movimiento del agua, transferencia de calor y aeración, densidad, volumen y porosidad del suelo.

2.3.2. La porosidad

BAVER (1975) manifiesta que al incorporar materia orgánica se incrementa la porosidad total del suelo, mayormente los macroporos. Aplicando estiércol, aumentó en grado significativo el porcentaje de macroporos en los primeros 76 cm del suelo aunque fue incorporada de 6 a 17%, mejorando, por consiguiente, la aireación y la permeabilidad del suelo. Un suelo con porosidad de 60,3% en los 30 cm superior que producía la primera cosecha de maíz después de arado, dio un alto rendimiento, siendo muy bajo en otro campo en donde la porosidad fue de 50,5%.

2.3.3. Velocidad de infiltración

La infiltración es la entrada vertical del agua en el perfil del suelo, determinado la cantidad de agua que va escurrir y las disponibles para las plantas, así como el tiempo de estancamiento de agua sobre la superficie del suelo. La infiltración del agua en el suelo es la relación entre la lámina que se infiltre y el tiempo que tarda en hacerlo, expresada generalmente en cm/h. La velocidad instantánea es la velocidad con que entra el agua verticalmente al suelo cuando existe una lámina delgada sobre la superficie del suelo según la ecuación de Kostyakov, tenemos:

$$I_i = at^b$$

Donde:

I_i = velocidad de infiltración instantánea.

a = constante

t = tiempo (hora)

b = constante

2.4. Macrofauna del suelo

Burges (1971); Porta (1999), citados por LINARES (2007) y CAMPOS (2005) manifiestan que son organismos macroinvertebrados que componen la fracción orgánica del suelo, son animales visibles a la vista, con diámetro variable, generalmente mayor a 2 mm y longitud de 1 a 2 cm o más, desarrollan parte de su ciclo de vida en el suelo y/o mantillo superficial (hojarasca, tronco de la vegetación) son importantes por su actividad en los siguientes procesos:

1. Depredación de microbios.
2. Modificación de la estructura del suelo.
3. Descomposición de la materia orgánica.
4. Mezcla de la materia orgánica descompuesto con la tierra.
5. Incrementan la formación de agregados, proceso que mejora las propiedades físicas del suelo y definen el hábitat de otras comunidades

Cuadro 1. Clasificación de macrofauna del suelo.

Grupos
Aracnida
Isopoda
Miriapoda
Himenóptera
Coleóptera
Gasterópoda

Fuente: PORTA *et al.* (1999).

Cuadro 2. Clasificación de artrópodos en relación a su función en el suelo.

Función	Macrofauna
Ingenieros del suelo	Formicidae, Oligochaeta e Isóptera
Saprófagos	Diplopoda, Isópoda, Blattaria
Predadores	Aránea, Chilopoda, Dermáptera
Herbívoros	Hemíptera, Himenóptera, Ortóptera
Otros	Coleóptera, Gasterópoda, Pseudoescorpionidae, Enquitreido
Larvas	Larvas de Coleóptera y Lepidóptera

Fuente: JONES *et al.* (1994).

2.5. Mesofauna del suelo

CARDENAS (2008) dice que la mesofauna es más abundante en donde el material orgánico es mayor y a su vez dependiendo de la cantidad y la calidad de la cobertura vegetal que el suelo pueda tener cambiando en

cantidad y tipos de organismos de acuerdo al tipo de hojarasca, es así que la contribución de actividades a pequeña escala produce efecto a gran escala, como es la formación de agregados y hacer disponible productos para ser descompuestos por otros organismos y así llegar condiciones aprovechables por las plantas.

2.6. Biodiversidad del suelo

Sin dudas es el suelo el lugar donde está la mega diversidad de microorganismos, en especial la zona de la rizósfera, se puede considerar como “un ser vivo” ya que cumple con las descripciones clásicas para ello: “nace, crece, se reproduce y muere”.

Es decir, el suelo presenta una dinámica tal que podríamos afirmar que es el ecosistema más estable y sustentable para el grupo microbiano, los aportes de materia orgánica e inorgánica mantienen una inmensa cantidad de microbios los cuales apenas estamos comenzando a descubrir. Directa o indirectamente los desechos humanos y animales, sus cuerpos y los tejidos de vegetales llegan a la tierra y allí “se desaparecen” al transformarse en tierra, todo este trabajo es realizado por los microorganismos; además, estos microorganismos liberan sustancias útiles para las plantas de tal manera que sin la actividad microbiana del suelo la vida se extinguiría gradualmente.

PELCZAR (1993) cita que en un gramo de suelo se puede hallar más de ocho mil millones de bacterias (8×10^9), cultivados en sustratos adecuados.

2.6.1. Variabilidad de microorganismos en el suelo

La gran variabilidad de los microorganismos depende de las composiciones del suelo, referida a la cantidad y el tipo de sustancias nutritivas, la humedad, la aireación, la temperatura, el pH, las interacciones, la presencia de raíces y las prácticas agrícolas, entre otras, producen grandes diferencias en la densidad y diversidad de la población microbiana. Además, todos estos factores ocasionan una compleja red trófica o trama alimentaria en el suelo, que permite la sobrevivencia de unos y la inhibición de otros (JAMES y ERIC, 1997).

2.6.2. Microorganismos del suelo

Según WILD (1992) un suelo naturalmente fértil es aquél en el que los organismos edáficos van liberando nutrientes inorgánicos, a partir de las reservas orgánicas, con velocidad suficiente para mantener un crecimiento rápido de las plantas. La actividad biológica de los suelos es la resultante de las funciones fisiológicas de los organismos y proporciona a las plantas superiores un medio ambiente adecuado para su desarrollo. Pero la exigencia de microorganismos edáficos en energía, elementos nutritivos, agua, temperatura adecuada y ausencia de condiciones nocivas es similar a la de las plantas cultivadas. Los suelos contienen una amplia variedad de formas biológicas, con tamaños muy diferentes, como los virus, bacterias, fungi, protozoos, nematodos, colémbolos, ácaros, lombrices, hormigas, algas y, por

supuesto, las raíces vivas de las plantas superiores (FASSBENDER, 1992; WILD, 1992).

La importancia relativa de cada uno de ellos depende de las propiedades del suelo (THOMPSON y TROEH, 1998). Los fungi, según WILD (1992), pueden representar el 70% de la población microbiana y constituyen el segundo de los dos grandes grupos de microorganismos del suelo. Todos son eucariotas heterótrofos y se incluyen entre las especies que necesitan nitrógeno, ya sea en forma de sales minerales o de compuestos orgánicos nitrogenados, pues están desprovistos de capacidad fijadora. Las especies edáficas presentan gran diversidad en cuanto a exigencias en sustratos carbonados, variando desde los que pueden utilizar hidratos de carbono, alcoholes y ácidos orgánicos sencillos hasta los que son capaces de descomponer compuestos polimerizados, como la celulosa y la lignina.

La abundancia y actividad de los microorganismos del suelo pueden estar influenciadas por la actividad de la fauna del suelo, como ocurre en las praderas (BARDGETT *et al.*, 1993). De las interacciones que ocurren en el suelo, la que existe entre la microbiota y los invertebrados es una de las más relevantes (VINK y VAN STRAALLEN, 1999). Además de los diferentes grupos que constituyen la fauna del suelo, los nematodos son los más abundantes, calculándose que existen entre 1,8 y 120 millones/m² (KEVAN, 1990). Estos microorganismos presentan una gran versatilidad y, por tanto, una gran adaptabilidad que les ha llevado a desarrollar diferentes funciones dentro del suelo, basadas fundamentalmente en su hábito alimentario y, por consiguiente,

en el lugar que ocupan a lo largo de la cadena trófica. Generalmente se clasifican en especies bacteriófagas, micófagas, depredadores y fitófagas (ZANCADA y SÁNCHEZ, 1994).

Otra forma de estimar la población microbiana del suelo es usando el método de diluciones sucesivas, que consiste en tomar una muestra de suelo, la cual se seca al medio ambiente y se diluye en agua destilada estéril de forma sucesiva hasta llegar a la más baja concentración. Por lo tanto, la actividad biológica del suelo no es un concepto que se pueda definir fácilmente en términos cuantitativos (WILD, 1992).

2.6.3. Factores que afectan a los microorganismos en el suelo

El suelo es un medio muy complejo, donde se dan innumerables interacciones que afectan las poblaciones de los organismos que la habitan. Asimismo, los factores medioambientales pueden afectar directa o indirectamente las poblaciones microbianas. Así tenemos que el contenido de humedad del suelo influye en la actividad de la población microbiana de diferentes maneras, ya que a medida que se va secando el agua, las películas se hacen más finas y afectan la disponibilidad del agua y las relaciones osmóticas de las células.

Otro factor importante es la temperatura, ya que la actividad metabólica de los organismos se inicia cuando se supera un determinado umbral térmico, aumenta a medida que las temperaturas se elevan hasta un

cierto valor máximo y finalmente se reduce rápidamente cuando las temperaturas superan este valor (WILD, 1992).

PIETIKAINEN y FRITZE (1993) evaluaron la actividad de la biomasa microbiana en la capa de humus de residuos de hojas, recuperado de un bosque de pinos y sometido a tratamientos de “incendio controlado” e “incendio forestal simulado”. El primero fue más intenso que el segundo tratamiento, situación que se vio reflejada en todas las evaluaciones tomadas. En las parcelas de “incendio controlado”, los niveles de C, N y CO₂ fueron menores que en las parcelas testigo, pero en las parcelas de “incendio forestal simulado”, los niveles de C, N y CO₂ prácticamente no cambiaron con respecto a sus parcelas testigo. El pH puede tener importancia en la retención de las bacterias en el suelo, según lo observado experimentalmente por BITTON (BITTON 1994). La mayor parte de bacterias y actinomicetos se desarrollan mejor a pH neutro y ligeramente alcalino; en cambio, los hongos se desarrollan a un pH más amplio (FASSBENDER, 1992). También existe la posibilidad que la materia orgánica por su carga negativa, adsorba y retenga a estos microorganismos de manera significativa (GOYAL y GERBA, 1999).

DIGHTON (1997) señalan que los factores abióticos del suelo pueden tener un papel importante en la dispersión de los microorganismos del suelo. La aplicación de vapor o productos químicos al suelo producen inicialmente un descenso del número de los organismos que componen su población, seguido de un rápido aumento del número de bacterias una vez que ha pasado la acción de la esterilización. Los protozoos se recuperan más

lentamente y cuando el tratamiento se hace con vapor, el restablecimiento de los hongos suele ser muy lento (WILD, 1992).

2.7. Microbiología del suelo

Existen 10^8 - 10^{16} de bacterias por gramo de suelo. La mayor parte son heterótrofos, siendo comunes los bacilos esporulados, los actinomicetos que son los responsables de la geosmina (olor a tierra mojada), y en la rizósfera (región donde el suelo y las raíces de las plantas entran en contacto) especies de los géneros *Rhizobium* y *Pseudomonas* (REICHARDT *et al.*, 1997).

2.7.1. Ciclos biogeoquímicos

Los animales requieren compuestos orgánicos más complejos para su nutrición. La vida sobre la tierra depende del ciclo de los elementos químicos que va desde su estado elemental pasando a compuesto inorgánico y de ahí a compuesto orgánico para volver a su estado elemental. Los microorganismos son esenciales en estas transformaciones químicas (PELCZAR, 1993).

2.7.2. Ciclo del nitrógeno

La fijación biológica de nitrógeno, crucial en el ciclo biogeoquímico del nitrógeno, es considerada, después de la fotosíntesis, como el proceso

bioquímico más importante para el mantenimiento de la vida sobre la Tierra (REICHARDT *et al.*, 1997).

2.8. Microbiología del suelo en la era de la biología molecular

La aplicación de técnicas de biología molecular al estudio de la microbiología del suelo ha representado un gran avance en el conocimiento de estos ecosistemas. El reconocimiento de la presencia de una gran diversidad de microorganismos en suelos, que resultaban totalmente desconocidos porque no se habían obtenido en cultivos de laboratorio, es sólo el comienzo de una nueva era en la microbiología molecular de suelos (OKANO *et al.*, 2004). El gran reto actual es determinar el papel funcional de los diferentes microorganismos que constituyen las comunidades edáficas. La integración de técnicas de estudio de la microbiología más tradicional, junto con metodologías moleculares, incluyendo los avances que suponen las técnicas de genómica y meta genómica sin duda contribuirá a un mejor conocimiento del funcionamiento de las comunidades microbianas del suelo (EBERSBERGER *et al.*, 2004).

2.8.1. El suelo como hábitat para los microorganismos

La materia orgánica procede de la actividad de los distintos organismos vivos del suelo y su composición y cantidad es variable, principalmente en función del tipo de cubierta vegetal. El resto del volumen del suelo está prácticamente constituido por espacios porosos, que a su vez están ocupados por agua y los gases que constituyen la atmósfera edáfica. La

porosidad (cantidad y tamaño de los poros) depende de la textura, determinada por la cantidad de arena, limo y arcilla, la estructura y el contenido en materia orgánica. Todos estos factores determinan a su vez el movimiento y capacidad de retención de agua del suelo y la composición gaseosa de su atmósfera. De forma característica la atmósfera del suelo se encuentra enriquecida en dióxido de carbono y empobrecida en oxígeno, como resultado de la respiración aeróbica de raíces de plantas, animales y microorganismos. Sin embargo, cuando se producen condiciones de anaerobiosis (por acumulación de agua en los poros del suelo) aparecen en la atmósfera del suelo otros gases como óxido nitroso, nitrógeno gaseoso y metano, resultantes de actividad respiratoria anaeróbica bacteriana (QUAISER, 2002).

2.9. Las enmiendas orgánicas

Las enmiendas de carácter orgánico, incorporadas al suelo modifican favorablemente las características físicas, químicas y biológicas.

2.9.1. Estiércol

PLASTER (2000) manifiesta que el estiércol contiene tanto sólidos como líquidos, que en su mayor parte son heces y orina del animal. La mayor parte del contenido de potasa se encuentra en la parte líquida. La orina contiene aproximadamente la mitad del nitrógeno del estiércol, principalmente en forma de urea y compuestos similares. El resto del nitrógeno se encuentra en las heces. La mitad de esta parte se ha convertido en humus en el estómago del animal.

2.9.2. . Aserrín

SCHULDT (2008) define que el aserrín es como la especie de polvo, más o menos grueso, que se desprende de la madera cuando la asierran. Por este motivo las propiedades químicas del aserrín se asumen como la composición química de la madera. El aserrín o viruta es una materia orgánica que se presta para ser combinada con estiércoles diversos, particularmente con aquellos de baja relación C/N como es el caso de los de cerdos y aves. Ambos requieren compostado de 3 a 4 meses. Es ideal para hacer compostaje, la mezcla del estiércol con el aserrín o viruta.

La madera está compuesta de forma general por tres grupos de sustancias, las que conforman la pared celular, donde se encuentran las principales macromoléculas, celulosa, hemicelulosas y ligninas, que están presente en todas las maderas; el otro grupo lo conforman las sustancias de baja masa molar conocidas también como sustancias extraíbles que se encuentran en menor cantidad, y las sustancias minerales. La proporción y composición química de la lignina y las poliosas difiere para las maderas de coníferas y latifolias, mientras que la celulosa es uniforme en composición en todas las maderas.

2.9.3. Microorganismo de montaña (MM)

Kyan (1999), citado por LEBLANC y TABORA (2000) menciona que los microorganismos de montaña o microorganismos eficientes fue desarrollado por el Dr. Teruo HIGA. Inicialmente MM fue desarrollado como un

inoculante microbiano para aumentar los microorganismos benéficos y la diversidad microbiana del suelo. Esto pretendía mejorar la calidad y salud del suelo, para aumentar el crecimiento, producción y la calidad de los cultivos. Después de muchos estudios y prácticas, los efectos de MM fueron comprobados en gran cantidad de fincas. Hoy en día es bastante popular en la agricultura orgánica. Es importante mencionar que los MM aumenta la población de organismos benéficos del suelo y todos estos microorganismos necesitan tener alimento, agua y un medio para vivir y prosperar.

VÍQUEZ (2009) manifiesta que los microorganismos se pueden localizar en el mantillo que se forma en la superficie de suelo de la montaña o en bosques vírgenes, por lo que los llamamos Microorganismos de Montaña (MM) y la acción de estos sobre la materia orgánica es la de descomponerla y aumentar el contenido de humus que contienen nutrientes y sustancias que al aplicarlas al suelo o a las hojas quedan disponibles a las plantas. Teóricamente, esos microorganismos permiten acelerar la descomposición de la materia orgánica, eliminar los malos olores y una liberación mayor de nutrientes para la planta. Por otro lado, la solución de microorganismos activados también puede ser utilizada para purificar el agua, desinfectar cocinas y baños y eliminar los olores de las letrinas.

GALUSSER (2010) manifiesta que los Microorganismos de Montaña trabajan en la regeneración de suelos y cultivos a través de la reproducción e incorporación de abonos orgánicos sólidos (bokashi) y líquidos (bioles). Estos dan fertilidad en los suelos y por ende mejoran la calidad de sus

frutos. Los MM constituyen una herramienta agrícola con la que se pueden complementar los abonos químicos comerciales, permitiendo al productor el aprovechamiento de materiales existentes de la finca.



III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Campo experimental

3.1.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo, en el Fundo "Santa Isabel" perteneciente al Sr. José Emiliano Barrios Castillo; ubicado políticamente en la región Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distrito Mariano Dámaso Beraun, lugar centro poblado menor de Bella, y ubicado geográficamente con coordenadas UTM (E: 0384690 y N: 8969868); a una altitud 770 msnm.

3.1.2. Características climáticas de la zona del experimento

Cuadro 3. Medias mensuales de precipitaciones durante el periodo de investigación (junio - noviembre, 2010), del centro poblado Bella.

Meses	Precipitación acumulada mensual (mm)
Junio	158,5
Julio	95,1
Agosto	54,9
Setiembre	151,1
Octubre	221,2
Noviembre	424,1

Fuente: Datos registrados por la Estación Meteorológica "José Abelardo Quiñones" (JAQ).

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo de Holdridge (1982) citado por RUIZ (2008), Tingo María se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo pre montano tropical (bmh-PT) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú corresponde a Rupa Rupa o Selva Alta. Con precipitación pluvial promedio anual 3300 mm y temperatura media anual de 25,5 °C.

3.2. Características del campo experimental

El experimento se realizó en suelos que presentan topografía semiplana, suelos coluviales, textura moderada, extremadamente ácido y con práctica de monocultivo de la coca impulsada desde la década de los sesenta.

3.2.1. Componentes en estudios

3.2.1.1. Suelo

- Suelo degradado (ex cocal) con materia orgánica más microorganismo de montaña (MO + MM)
- Suelo degradado (ex cocal) con materia orgánica solo (MO)

3.2.1.2. Enmiendas orgánicas

Estiércol de cuy, aserrín y microorganismo de montaña 3 t/ha.

Cuadro 4. Cantidad de enmiendas orgánicas aplicadas por tratamiento.

Nº	Niveles de enmiendas orgánica (t/ha)	Dosis	
		Estiércol (t/ha)	Aserrín (t/ha)
1	50	25	25
2	100	50	50
3	150	75	75
4	200	100	100

3.2.1.3. Tratamiento experimental en estudio

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamiento	Combinación	Descripción
T ₁	a ₁ b ₁	Suelo con MO + MM, dosis 1
T ₂	a ₁ b ₂	Suelo con MO + MM, dosis 2
T ₃	a ₁ b ₃	Suelo con MO + MM, dosis 3
T ₄	a ₁ b ₄	Suelo con MO + MM, dosis 4
T ₅	Testigo	Suelo con MM
T ₆	a ₂ b ₁	Suelo con MO, dosis 1
T ₇	a ₂ b ₂	Suelo con MO, dosis 2
T ₈	a ₂ b ₃	Suelo con MO, dosis 3
T ₉	a ₂ b ₄	Suelo con MO, dosis 4
T ₁₀	Testigo	Suelo sin MM

Donde:

Las parcelas son:

a₁ = Suelo degradado con MO + MM.

a₂ = Suelo degradado MO.

Las subparcelas son:

$b_1 = 25\%$ de estiércol: 25% de aserrín

$b_2 = 50\%$ de estiércol: 50% de aserrín

$b_3 = 75\%$ de estiércol: 75% de aserrín

$b_4 = 100\%$ de estiércol: 100% de aserrín

$b_5 =$ Testigo.

3.3. El diseño experimental

El diseño que se utilizó, es el de parcelas divididas en bloques completos al azar que constaron en 3 bloques o parcelas cada parcela por sub parcelas con 10 tratamientos, haciendo un total de 30 unidades experimentales (Figura 18).

Modelo aditivo lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + A_i + \delta_{ik} + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2, a$ (tipos de enmiendas)

$j = 1, 2, 3, 4, 5, b$ (enmiendas orgánicas)

$k = 1, 2, 3, r$ (bloques)

Cuadro 6. ANVA de un diseño de parcelas divididas en DBCA.

Fuente de variación	G.L.
Bloques	(r-1)
A	(a-1)
B	(b-1)
AB	(a-1)(b-1)
Error	a(b-1)(r-1)
Total	(abr-1)

Todas las características a evaluarse en cada uno de los tratamientos fueron sometidos al análisis de variancia (ANVA) y pruebas de significación estadística al nivel de 0,05 de significancia.

3.4. Disposición experimental

- Terreno experimental

Largo : 7,5 m

Ancho : 15 m

Área total : 127,5 m²

Ancho de calles entre bloques : 0,5 m

- Parcelas

Número de parcelas por bloque : 10

Largo de cada parcela : 2 m

Ancho de cada parcela : 1,5 m

Área de cada parcela : 3 m²

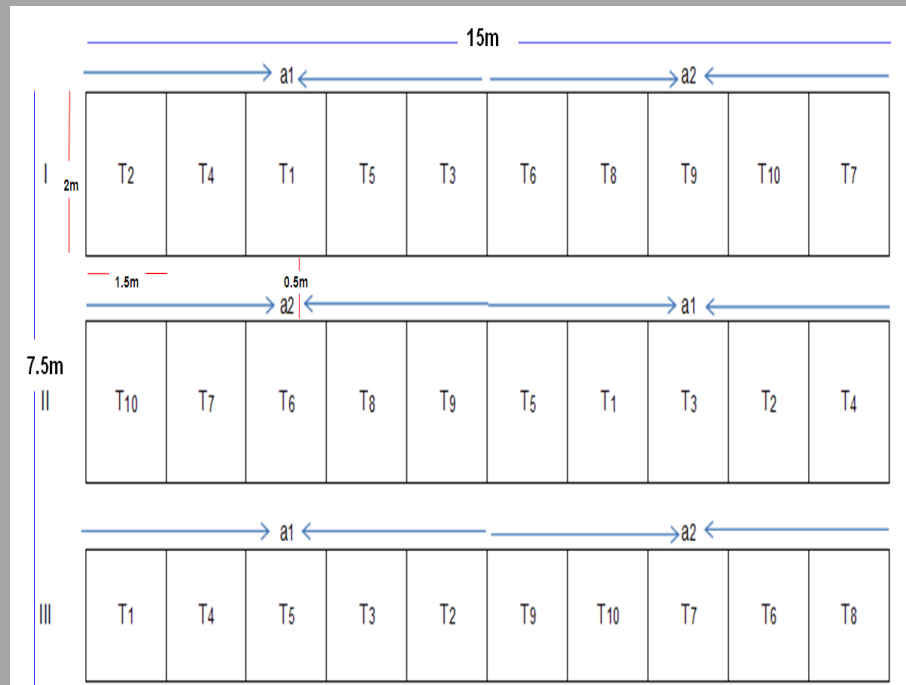


Figura 1. Característica del campo experimental.

3.4.1. Variable experimental

3.4.1.1. Variable dependiente

Entre los variables dependientes tenemos a las propiedades físicas y biológicas del suelo:

- Textura (%)
- Densidad aparente (g/cc)
- Porosidad total (%)
- Análisis de los agregados (%)

- Determinación de la velocidad de infiltración (cm/h)
- Cuantificación de la macrofauna

3.4.1.2. Variable independiente

Entre las variables impeditivas tenemos a los tratamientos de materia orgánica (estiércol de cuy y aserrín) con microorganismos montaña y materia orgánica (estiércol de cuy y aserrín) sin microorganismo de montaña, como indicadores:

- Actividad metabólica a través de la respiración (CO_2) liberado (C = CO_2 mg)

3.5. Métodos

3.5.1. Ejecución del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó desde mayo a diciembre del 2010, para su realización se llevó a cabo las siguientes labores de campo:

3.5.1.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó con la ayuda de los siguientes implementos: limpieza del terreno con machetes, remoción de la capa arable con pico y pala recta, a una profundidad mínima de 10 cm con la finalidad de que las enmiendas orgánicas y microorganismos no se pierdan por escorrentía.

3.5.1.2. Demarcación del terreno

El trazado de las parcelas se realizó mediante el uso de jalones, estacas, rafias y wincha.

3.5.1.3. Muestreo de suelo

Se realizó el muestreo del suelo, al inicio y al finalizar el experimento donde se obtuvo diferentes muestras representativas homogenizadas:

El análisis físico se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Evaluando: densidad aparente (D_a), porcentaje de la porosidad total ($P\%$), análisis de los agregados (método seco y mojado), determinación de la velocidad de infiltración (VI) y actividad microbiana mediante la respiración. El muestreo de suelo para la macrofauna y mesofauna, se realizó colectando de acuerdo con la metodología del programa TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility), Canderson e Ingran (1993) citado por LINARES (2007), lo cual se colocó un monolito de 20 x 20 x 20 cm, del suelo por cada tratamiento, los estratos fueron colocados en bolsas de polietileno

3.5.1.4. Aplicación de enmiendas orgánicas

Se llevó a cabo de acuerdo a los diferentes tratamientos en estudio. Antes de su aplicación se pesaron las enmiendas y luego se

mezclaron bien, de acuerdo a los tratamientos identificados. El método de aplicación fue al voleo.

3.5.2. Metodología para determinar las variables de estudio

3.5.2.1. Análisis físico del suelo

a. Textura

La textura se determinó mediante el método del hidrómetro de BOUYOUCOS. Se basa en la diferente velocidad de sedimentación de las partículas primarias del suelo (arena, limo y arcilla) de acuerdo a la ley de Stokes. La densidad de la suspensión es medida con un hidrómetro o densímetro de Bouyoucos a diferentes tiempos.

b. Densidad aparente

Se siguió la técnica descrita por Forsythe y Fitzpatrick citado por SOTO (1998) fundamentada en la utilización de un cilindro metálico de volumen conocido.

c. Porcentaje de la porosidad total

El cálculo se hizo a partir de la siguiente relación.

$$p = \left[1 - \frac{D_a}{D_p} \right]$$

p = porosidad total

D_a = densidad aparente

D_r = densidad real (2,65 g / cc como media general)

3.5.2.2. Análisis de los agregados

Se determinó por el método de Sauvinov según SOTO (1998) que corresponde lo siguiente:

a. Método seco

Se secó una muestra de suelo al aire y no desmenuzado, se tomaron 500 g de muestra, de los cuales se pesó 100 g y se tamizó a través de una columna de malla con aberturas de (5: 2: 1: 0,5: 0,25: mm). Se separó las mallas, a cada una de las cuales se las golpeó ligeramente con la mano para separar los agregados retenidos. Estos fueron recogidos en bolsas plásticas y luego pesados en una balanza analítica calculándose su valor en porcentaje.

b. Método mojado

De las fracciones que fueron tamizadas se tomó porciones de suelo hasta obtener 50 g que fue pesado en una balanza analítica. Se preparó un conjunto de tamices del mismo diámetro para el análisis en seco (5: 2: 1: 0,5: 0,25: mm). Esto se ajustó con alambre y se puso en agua hasta una altura por encima del borde del tamiz de 5 – 6 cm el suelo humedecido, se dejó

reposar 10 minutos y a continuación se hizo pequeños movimientos del tamiz dentro del cilindro de agua con fin de destruir todos los agregados no resistentes al agua. Luego se retiró los tamices del agua dejando reposar unos 10 minutos para que sean extraídos los agregados de los tamices y luego transferidos a frascos de vidrio para ser secadas en estufa por espacio de 6 horas a 105 °C.

Los agregados que fueron secados con estufa se pesaron en una balanza analítica calculándose su valor en porcentaje.

3.5.2.3. Determinación de la velocidad de infiltración

En este proceso se utilizó 2 mini cilindros infiltrómetros graduados con una cinta metálica en milímetros, con alturas de 14,5 cm, 1 con diámetro de 14,5 cm y otro de 8,5 cm, los cilindros fueron introducidos en el suelo de manera vertical uniforme y nivelada mediante golpes suaves hasta 1 cm de profundidad.

Para evitar cualquier alteración del suelo al agregar el agua se realizó con bastante precisión hasta llegar al nivel de medida, la cual se fue aumentando agua según se disminuía la medida, se tuvo en cuenta el tiempo. Se tomó 5 lecturas con un intervalo de un min, 5 lecturas con intervalos 5 min, 3 lecturas cada 10 min y 4 lecturas cada 15 min, hasta totalizar 120 minutos. Para el cálculo de la velocidad de infiltración instantánea se tomó a partir del tiempo acumulativo y la lámina parcial utilizando regresión lineal para obtener la ecuación de Kostyakov según FORSYTHE (1975) que es la siguiente:

$$I_t = a t^b$$

Donde:

$$b = \frac{n (\sum x_i y_i) - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$y = \log$ (de lamina parcial), $x = \log$ (tiempo)

$$a = a_0 \quad a_0 = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n}$$

3.5.2.4. Cuantificación de la macrofauna

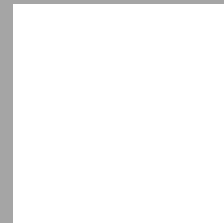
Las muestras se llevaron al laboratorio para su posterior separación de la macrofauna. Los macroinvertebrados fueron separados con ayuda de una pinza sobre bandejas plásticas y luego colocados en un recipiente de vidrio con alcohol, ya separados se identificó a nivel de órdenes. Los organismos del suelo fueron identificados en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (CARDENAS, 2008).

3.5.2.5. Actividad metabólica

Se colectó suelo en un estado de capacidad de campo, colocándose 100 g en un matraz de 500 ml, dentro del matraz se colocó un tubo de ensayo, en el tubo de ensayo se agregó 8 ml de NaOH 0,6 N. Luego se tapó con un tapón de jebe, que se conectó con mangueras a un matraz de 250 ml, este matraz contuvo 50 ml de NaOH 4N.

Para determinar la liberación de CO₂ – C se extrajo 8 ml de NaOH a 0,6 N con una jeringa del tubo de ensayo y se colocó en un matraz de 125 ml, siendo el tubo de ensayo enjuagado con 8 ml de agua destilada, se agregó 8 ml NaOH 0,6 N al tubo de ensayo, luego se agregó 5 ml de BaCl₂ 2N, 2 gotas de fenolftaleína y se tituló con HCl 0,6N, el cálculo de CO₂ liberado se determinó con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{mg Co}_2 - \text{C}}{100\text{gr de suelo}} = \frac{\text{Gasto HCl (ml) blanco} - \text{Gasto HCl (ml) muestra}}{100 \text{ gr de suelo}} * 0.6 * 6$$



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades físicas del suelo por efecto de la materia orgánica

4.1.1. Densidad aparente y porosidad

El Cuadro 7, muestra los tratamientos y la interacción entre ellos no manifestaron ninguna significación estadística en la densidad aparente y porcentaje de porosidad; por lo tanto, todos los tratamientos y las interacciones son iguales entre sí. Estos resultados obedecen al efecto de la precipitación, que en el estudio fue escasa (Cuadro 3) por lo que, no hubo humedad suficiente para la transformación de materia orgánica (M.O). Posiblemente es por ello que, la escasa transformación de la materia orgánica no ha llegado formar humus, siendo esta la responsable de los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos

Cuadro 7. Análisis de varianza de la densidad aparente y porosidad.

F.V	GL	Densidad aparente		Porosidad	
		CM	SIN	CM	SIN
BLOQUES	2	0,0033712	NS	4,76650123	NS
A	1	0,0005547	NS	0,7699212	NS
B	4	0,00014392	NS	0,20348805	NS
A*B	4	0,00207628	NS	2,98448162	NS
ERROR	18	0,00253042		3,59659197	
TOTAL	29				

La Figura 2 muestra la densidad aparente del suelo luego de 4 meses de haber aplicado los tratamientos, en ello observamos que: la densidad aparente aumenta a medida que se incrementa el contenido de materia orgánica más microorganismos de montaña (M.O.+M.M), describiendo una ecuación polinómica, de la forma $Y = -0,0058x^2 + 0,041x + 0,887$. Este incremento de la densidad aparente podría deberse a un aumento del contenido del humus, como consecuencia de la transformación de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el MM. Sin embargo, a partir de las dosis entre 100 - 150 el efecto de la materia orgánica más microorganismo de montaña, tiende a disminuir. Esta disminución estaría obedeciendo a dos posibles causas: por el efecto de mucha materia orgánica (mucho sustrato) o por falta de más microorganismo de montaña en el proceso de transformación.

Además, en la Figura 2 se observa que en los tratamientos que no recibieron microorganismo de montaña, el resultado es inverso es decir que hay una disminución de la densidad aparente a medida que se incrementa la materia orgánica. Describiendo una ecuación polinómica de la forma $Y = 0,0066x^2 - 0,0511x + 1,0176$. Este resultado nos da a entender, que al haber poca humificación, no hay efecto en los cambios físicos del suelo. Por lo tanto, la materia orgánica no transformada incrementa el volumen del suelo, disminuyendo la densidad aparente. Siendo esta inversa al volumen del suelo (SOTO, 1995).

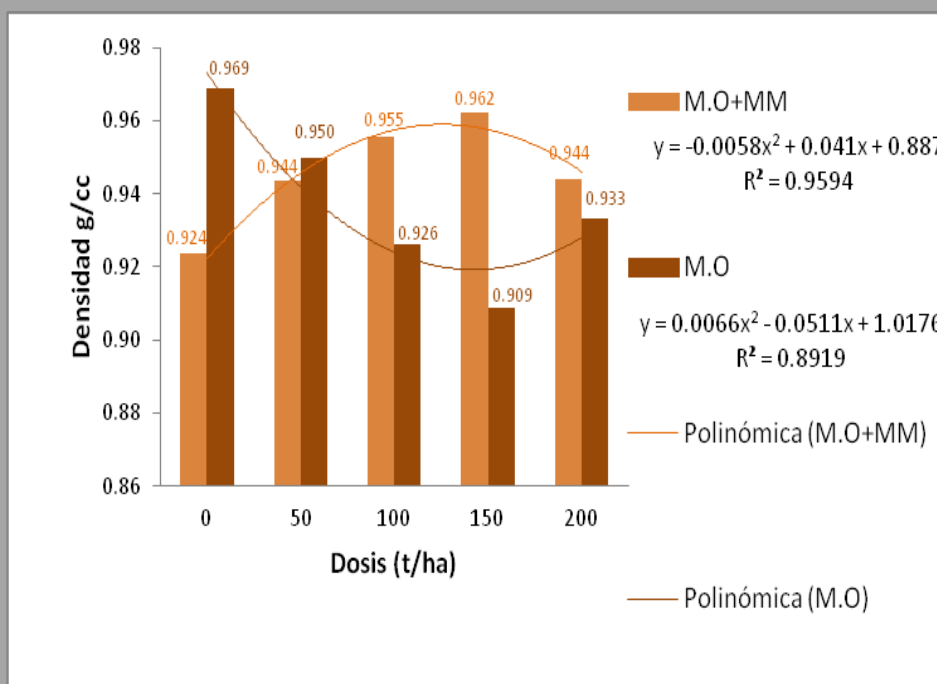


Figura 2. Densidad aparente del suelo a nivel de dosis.

En relación al efecto de los tratamientos en la porosidad del suelo Cuadro 7 y Figura 3, indicamos: cuando se aplica dosis creciente de materia orgánica más microorganismo de montaña (M.O.+M.M), el porcentaje de porosidad disminuye, describiendo una ecuación polinómica de forma $Y = 0,2201x^2 - 1,546x + 66,527$. Este resultado es atribuible al efecto del humus, como resultado de la transformación de la materia orgánica, gracias a la participación de los microorganismos de montaña. Al respecto, SOTO (1995) demostró el papel del humus en la génesis de la estructura del suelo, donde al aplicar humus la densidad aparente y porcentaje de porosidad son similares; pero superó al estiércol de vacuno y dolomita.

Por otro lado, cuando a la materia orgánica no se le aplica M.M, incrementa el porcentaje de porosidad, a medida que se incrementa la M.O;

describiendo un ecuación polinómica de la forma $Y = -0,2504x^2 + 1,9276x + 61,602$. Una posible explicación sería la poca cantidad de microorganismo presente en el suelo, traduciéndose en una poca humificación. Por lo tanto, el papel de la materia orgánica solo será de incrementar el volumen del suelo y esto afectará disminuyendo a la densidad aparente, por consiguiente aumenta la porosidad.

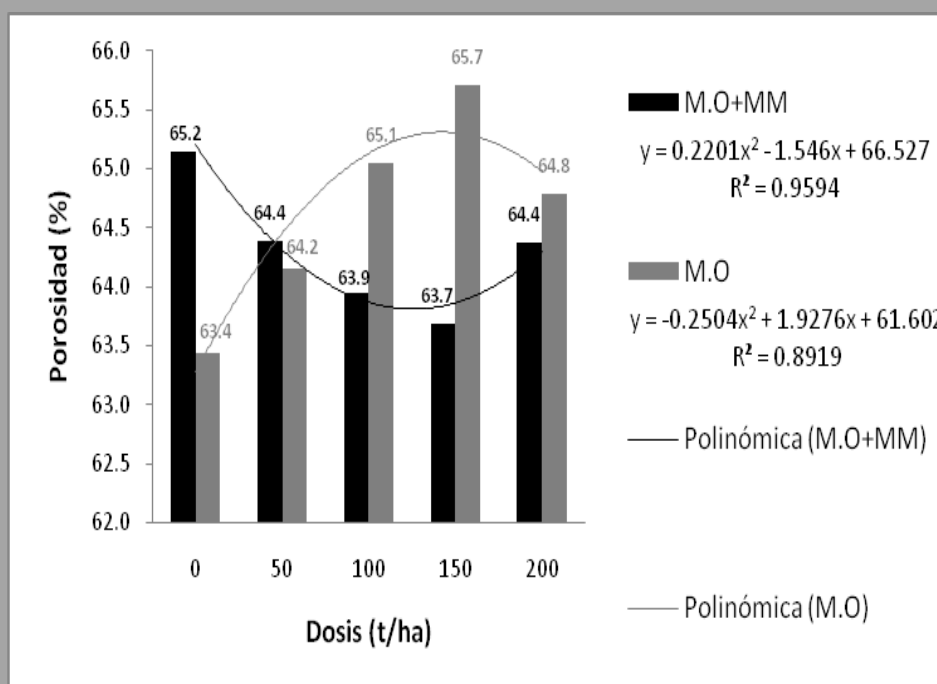


Figura 3. Porosidad del suelo a nivel de dosis.

4.1.2. Análisis de agregados

El Cuadro 8, se observa que tanto en los tratamientos como en la interacción, no manifestaron ninguna significación estadística en el análisis de agregados por el método seco y mojado. Solo se encontró diferencia significativa en el efecto de niveles (B) analizadas por el método mojado. El haber encontrado diferencia estadística, solo en el análisis de los agregados

por el método mojado, obedecería a la metodología aplicada. Es decir al efecto del agua que tiene sobre la desagregación de la partícula, permitiendo una mayor diferenciación, lo que no ocurrió cuando fueron analizados en seco.

Cuadro 8. ANVA de análisis de agregados de suelo: método seco y mojado.

F.V	GL	Método seco		Método mojado	
		CM	SIN	CM	SIN
BLOQUES	2	295,351	NS	4,693	NS
A	1	114,8563	NS	50,44033	NS
B	4	49,863	NS	84,22467	*
A*B	4	33,24467	NS	43,31533	NS
ERROR	18	89,51433		19,96559	
TOTAL	29				

En la Figura 4, se nota una reducción del porcentaje de agregados seco a medida que se incrementa los niveles de M.O.+M.M, describiendo una ecuación polinómica de forma $Y = -0,2067x^2 + 0,9907x + 18,951$. Un intento por explicar este resultado, sería que los microorganismos de montaña contribuyen más en la mineralización de la materia orgánica que la humificación, es decir en este proceso la mayor parte de la materia orgánica se transforma en elementos nutritivos antes que en humus (BORNEMIZA, 1983).

Así mismo, en la misma Figura 4, parece lógico que a un incremento de M.O, le corresponda un incremento en % agregados. Aquí si obedece al efecto del humus sobre la generación de la estructura del suelo. El resultado obtenido describe una ecuación lineal de la forma $Y = 0,0305x + 19,873$. Al respecto Greenland mencionado por SOTO (1995), manifiesta que la arcilla y los coloides orgánicos causan la mayor parte de la agregación del

suelo. Esto sugiere la posibilidad de la existencia de interacciones entre el material mineral y el orgánico para formar complejos arcillosos – orgánicos.

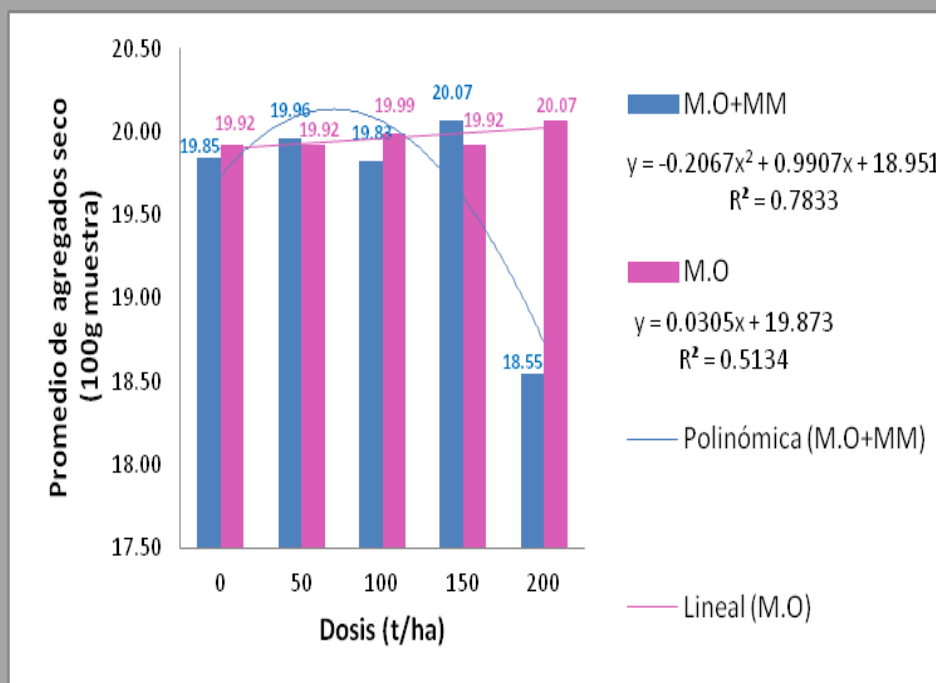


Figura 4. Análisis de agregados del suelo por el método seco a nivel de dosis.

Todo suelo que cuenta con materia orgánica, tiende a absorber agua, facilitando la transformación, por consiguiente liberan el CO_2 , este con el agua forma el ácido carbónico que finalmente acidifica el suelo. La modificación de la reacción del suelo acelera el proceso de la meteorización en la que los minerales primarios se transforman en minerales secundarios, que al momento del análisis al ser tamizadas pasan la malla sin ninguna resistencia (BITTON *et al.*, 1994 y REICHARDT *et al.*, 1997).

El Cuadro 9, se observa de manera general que la materia orgánica tuvo un efecto en los agregados analizados por el método mojado, es

por ello que superaron estadísticamente al testigo. Obedeciendo al papel del humus como un tipo de unión entre las partículas, que se traduce en la génesis de la estructura del suelo. Al respecto BAVER (1991) indica que para la formación de agregados los tipos de uniones que participan son: El agua, puentes catiónicos, la fuerza de Vander Walls, el humus, y la unión entre partículas. Con los resultados obtenidos se ratifica lo mencionado por el autor antes señalado.

Cuadro 9. Duncan del nivel B (enmiendas orgánicas) de agregados: método mojado.

B (t/ha)	Agregados (%)	Duncan
100	45,083	A
150	44,700	A
50	42,167	A
200	40,667	B
0	35,833	B

Es muy conocido que a mayor nivel de materia orgánica mayor absorción de humedad. Por lo tanto, cuando se analizó los agregados por el método mojado; el incremento de M.O reduce el porcentaje de agregados en mojado, tanto en las dosis con M.O.+M.M como en el caso de la materia orgánica (Figura 5). Al respecto el autor dice que la materia orgánica puede absorber agua 4 veces su peso (GUZMAN, 2008).

Los resultados mostrados en la Figura 5 se ajustan a una ecuación polinómica, tanto en las dosis con M.O.+M.M como en la M.O solo, estas ecuaciones son: de la forma $Y = -1,2976x^2 + 7,697x + 21,947$ e $Y = -1,1833x^2 + 6,29x + 22,972$ respectivamente. Al interpretar los modelos que describen el

comportamiento del efecto de los niveles crecientes de la materia orgánica en el porcentaje de agregados podemos indicar que hay un incremento de los agregados cuando se aplican niveles entre 0 a 150 t/ha de M.O., parece que más de 150 t/ha de M.O. reduce la formación de agregados. Los resultados nos estarían indicando el efecto de la materia orgánica, como humus, en la unión de las partículas del suelo y consecuentemente un incremento de agregación; de igual forma también puede ser al efecto de los microorganismos en sí, ya que se ha encontrado reportes que los hongos, no únicamente causan una ligadura mecánica de las partículas debido al crecimiento del micelo sino también produce segmentación, como resultado de la síntesis de cierto compuesto (GARDNER, 1991).

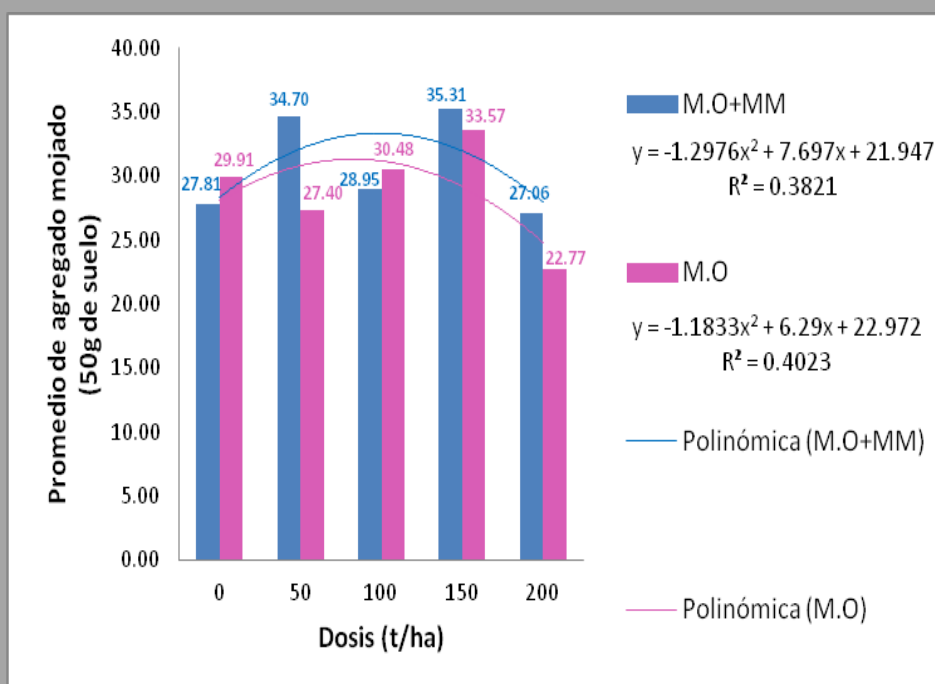


Figura 5. Análisis de agregados del suelo en método mojado a nivel de dosis.

El Cuadro 10, se muestra la diferencia numérica del porcentaje de agregados por el método seco entre la M.O + M.M y la M.O. Para efectos de discusión dividiremos los agregados que pasaron los tamices menores de 1 a 0,25 mm y mayores de 1 a 5 mm. Así: mayor porcentaje de agregados de tamiz 5 mm, se obtiene en los tratamientos con MO solo que MO + MM. Mientras tanto menos agregados menores de 1 mm a 0,25, se obtiene en los tratamientos con la MO solo que MO+ MM.

Cuadro 10. Datos de análisis de agregados: método seco (50 g de suelos).

Tratamiento (t/ha)	Tamiz (mm)				
	5	2	1	0,5	0,25
0 MO + MM	79,9	16,4	2,0	0,7	0,2
50 MO + MM	70,5	23,7	3,8	1,6	0,3
100 MO + MM	75,8	19,5	2,4	1,0	0,3
150 MO + MM	78,7	17,5	2,0	1,6	0,6
200 MO + MM	78,8	11,5	1,8	0,5	0,2
0 MO	78,3	16,0	3,1	1,8	0,5
50 MO	78,7	19,2	1,3	0,3	0,1
100 MO	81,6	14,9	2,1	1,1	0,3
150 MO	78,0	19,0	1,6	0,8	0,2
200 MO	86,6	11,8	1,3	0,5	0,2

El Cuadro 11, se presenta los ANVAs de los análisis por el método seco en los diferentes agregados pasados por diferentes tamices,

El Cuadro 13, se observa, de manera general, el efecto de la M.O sobre el porcentaje de agregados que pasaron por el tamiz de 5 mm, analizados por el método mojado que superaron estadísticamente al testigo. Con este resultado estaríamos ratificando lo discutido en lo referente a los análisis de agregados por el método seco. Sin embargo en el mismo cuadro se aprecia que 100 t/ha de M.O. sería suficiente para lograr la máxima agregación en este suelo.

Cuadro 13. Duncan en comparación del nivel B (enmiendas orgánicas) por el tamiz 5 mm del análisis de agregados: método mojado.

B (t/ha)	Agregados (%)	Duncan	
100	45,083	A	
150	44,700	A	
50	42,167	A	
200	40,667	A	B
0	35,833		B

El Cuadro 14, se observa, el efecto de la materia orgánica sobre el porcentaje de agregados que pasaron por el tamiz de 2 mm, analizados por el método mojado que superaron estadísticamente al testigo. Sin embargo en el mismo cuadro se aprecia que 150 t/ha de M.O + MM sería suficiente para lograr la formación de agregados en este suelo.

Cuadro 14. Duncan de la interacción AXB (tipo de suelo y enmiendas orgánicas) por el tamiz 2 mm del análisis de agregados: método mojado.

A	B (t/ha)	Agregados (%)	Duncan
M.O+MM	50	443,000,000	A
M.O+MM	100	417,666,667	A
M.O+MM	150	468,000,000	A
M.O+MM	200	423,000,000	A
M.O+MM	0	363,333,333	B
M.O	50	358,000,000	B
M.O	100	394,666,667	B
M.O	150	374,666,667	B
M.O	200	374,666,667	C
M.O	0	318,333,333	C

4.1.3. Velocidad de infiltración

El Cuadro 15, se observa que todas las fuentes de variación no manifestaron ninguna significación estadística en la velocidad de infiltración; por lo tanto los tratamientos y en la interacción, para la velocidad de infiltración son iguales entre sí. Esto implica que en el presente experimento, bajo las condiciones de campo, y la baja precipitación Cuadro 3, mostrada en la época de la conducción del experimento, tuvo una influencia que disminuyó el efecto de los tratamientos probados. Sin embargo numéricamente si encontramos diferencias ponderadas estadísticamente.

Cuadro 15. Análisis de varianza de velocidad de infiltración.

FV	GL	CM	SIG
BLOQUES	2	184,15365333	NS
A	1	2,71201333	NS
B	4	26,40588667	NS
A*B	4	117,61924667	NS
ERROR	18	93,16057185	NS
TOTAL	29		

La Figura 6, se muestra el efecto tanto de la MO + MM y MO solo en sus diferentes niveles notándose a mayor nivel de MO, mayor es la velocidad de infiltración, describiendo una ecuación potencial de forma $Y = 0,856x^2 - 3,9627x + 15$. Si la velocidad de infiltración se define como el proceso por el cual el agua penetra por el perfil del suelo y llega hasta sus capas inferiores. Muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración (VÉLEZ *et al.*, 2002).

Dentro de estos factores está la textura y la estructura, que gobiernan a la densidad aparente, porosidad y la velocidad de infiltración. Así pues el resultado anterior es explicado por la mayor porosidad del suelo (Figura 2) y sobre todo al mayor porcentaje de poros que pasaron malla 5 mm (Cuadro 10). Siendo lógico que a mayor macroporos mayor sea la velocidad de infiltración. Mientras tanto a mayor microporos menor será la velocidad de infiltración, esto es lo que ocurrió en los tratamientos que llevaron MO + MM

(Figura 6). Es decir que la velocidad de infiltración disminuyó por efecto de los niveles de MO describiendo una ecuación polinómica de tipo $Y = 20,189x^{-0,514}$, la causa de este resultado es haber desarrollado más microporos de tamaños menores de 1 mm mostrados en el Cuadro 10.

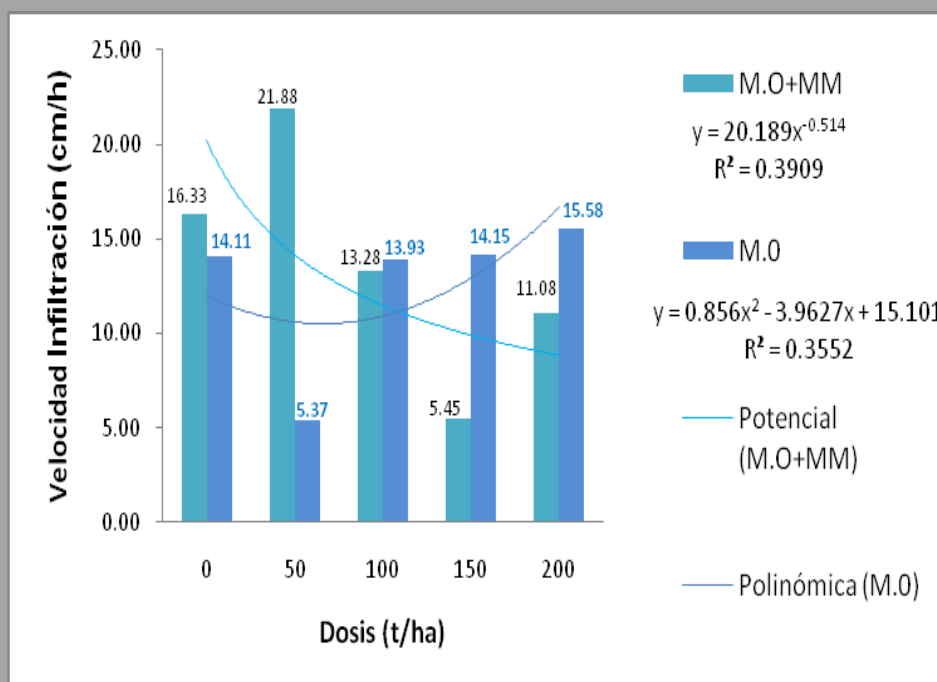


Figura 6. Velocidad de infiltración del suelo a nivel de dosis.

4.1.4. Textura del suelo

El Cuadro 16, se observa que en la fuente de variación de bloques, solo la variable arcilla mostró diferencia estadística altamente significativa, que en las demás fuentes de variación y en el contenido de arena, limo y arcilla mostraron diferencias estadísticas altamente significativas.

Cuadro 16. Análisis de varianza de textura del suelo: arena, limo y arcilla.

F.V	GL	Arena		Limo		Arcilla	
		CM	Sig	CM	Sig	CM	Sig
BLOQUES	2	13,33	NS	1,20	NS	18,53	**
A	1	1032,53	**	294,53	**	224,13	**
B	4	74,00	**	37,47	**	13,80	**
A*B	4	48,53	**	18,53	**	18,47	**
ERROR	18	4,74		4,46		2,09	
TOTAL	29						

El Cuadro 17, se observa que los tratamientos con MO + MM contienen más arena que el tratamiento MO. Mientras que para limo y arcilla el resultado fue inverso. Este resultado refuerza a lo manifestado sobre la velocidad de infiltración, que además de los macro agregados formados por el efecto de la MO + MM, ahora es la cantidad de arena cuantificada en los análisis o el efecto de ambos serían los responsables de una mayor velocidad de infiltración.

Cuadro 17. Duncan del nivel A (tipo de suelo) de textura: arena, limo y arcilla.

A	Arena		Limo		Arcilla	
	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan
M.O+MM	296,285	A	349,651	B	3,504,064	B
M.O	178,952	B	412,317	A	408,731	A

No se puede indicar que hay una generación de arena como consecuencia de las aplicaciones de la materia orgánica, pero lo que habría ocurrido es la unión de dos partículas finas (arcillas) de diferente carga electroestática como consecuencia de una variación del pH del suelo; es decir

al variar el pH de suelo modifica las cargas iónicas de los minerales arcillosos de tipo 1:1 y los óxidos e hidróxidos de Al, Fe, y Mn, minerales abundantes en estos suelos. Resulta lógico pensar que a mayor materia orgánica mayor será la actividad biológica, entonces mayor será la producción del CO₂, por consiguiente menor será el pH del suelo. Por lo tanto, al modificar el pH se modifica las cargas de los minerales dependientes del pH, entonces mayor será la unión de las partículas entre sí. Estas uniones entre las partículas son tan fuertes que en los análisis de laboratorio, su separación tanto por efecto mecánico como químico resulta difícil por lo que al momento de leerlos estas se cuantifican como arena. Esta explicación se da en el Cuadro 18, y Figura 7, donde se muestra que a mayor nivel de materia orgánica mayor es la cuantificación de la arena y lo inverso sucede con el limo y arcilla Figura 8 y 9.

Cuadro 18. Duncan del nivel B (dosis t/ha) de textura: arena, limo y arcilla.

B	Arena		Limo		Arcilla	
	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan
0	26,762	A	36,032		37,206	C
50	21,095	B	41,965	A	37,540	C
100	20,095	B	39,698	A B	40,206	A
150	22,762	B	38,032	B C	39,206	A B
200	28,095	A	35,365		36,540	C

El Cuadro 19, se observa que en el tratamiento de 200 t/ha de MO + MM se cuantificó el mayor porcentaje de arena, el tratamiento de 50 t/ha de MO + MM se cuantificó el mayor porcentaje de limo y los tratamiento de 100 t/ha de MO + MM, 50, 100 y 150 t/ha de MO cuantificaron el mayor porcentaje de arcilla.

Cuadro 19. Duncan del nivel A x B (tipo de suelo x enmiendas orgánicas t/ha)
de textura: arena, limo y arcilla.

A	B	Arena		Limo		Arcilla	
		Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan
MO+MM	50	310,952	A	360,317	B	328,731	B
MO+MM	100	224,285	B	373,698	B	402,064	A
MO+MM	150	277,619	B	366,984	B	355,397	B
MO+MM	200	350,952	A	306,984	B	342,064	B
MO+MM	0	317,619	A	340,317	B	342,064	B
MO	50	110,952	C	466,984	A	422,064	A
MO	100	177,619	C	420,317	A	402,064	A
MO	150	177,619	C	393,651	B	428,731	A
MO	200	210,952	B	400,317	A	388,731	B
MO	0	217,619	B	380,317	B	402,064	A

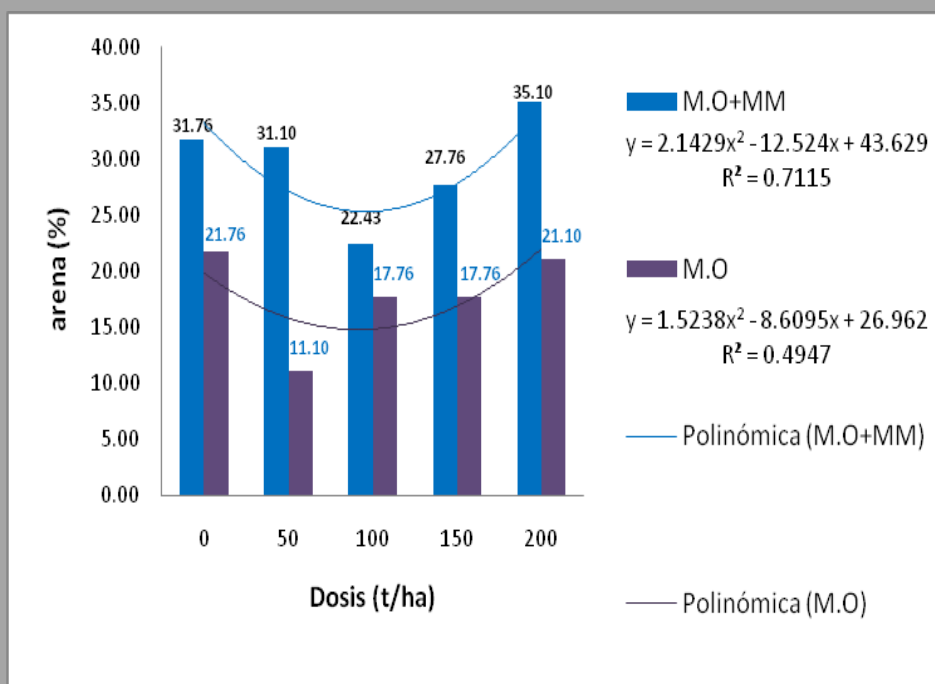


Figura 7. Textura del suelo a nivel de dosis: arena a nivel de dosis

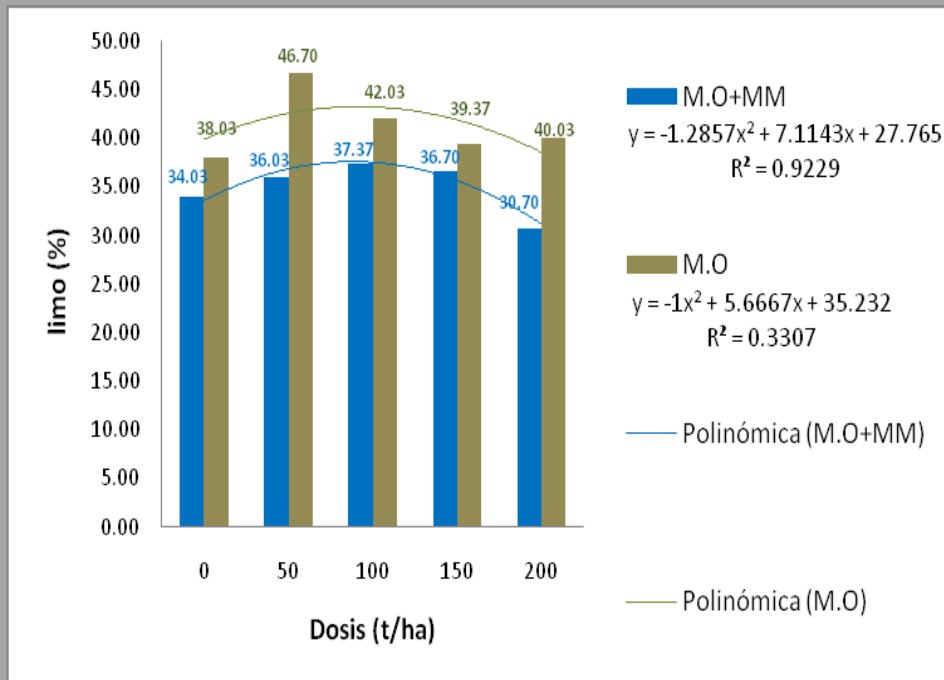


Figura 8. Textura del suelo a nivel de tratamientos: limo

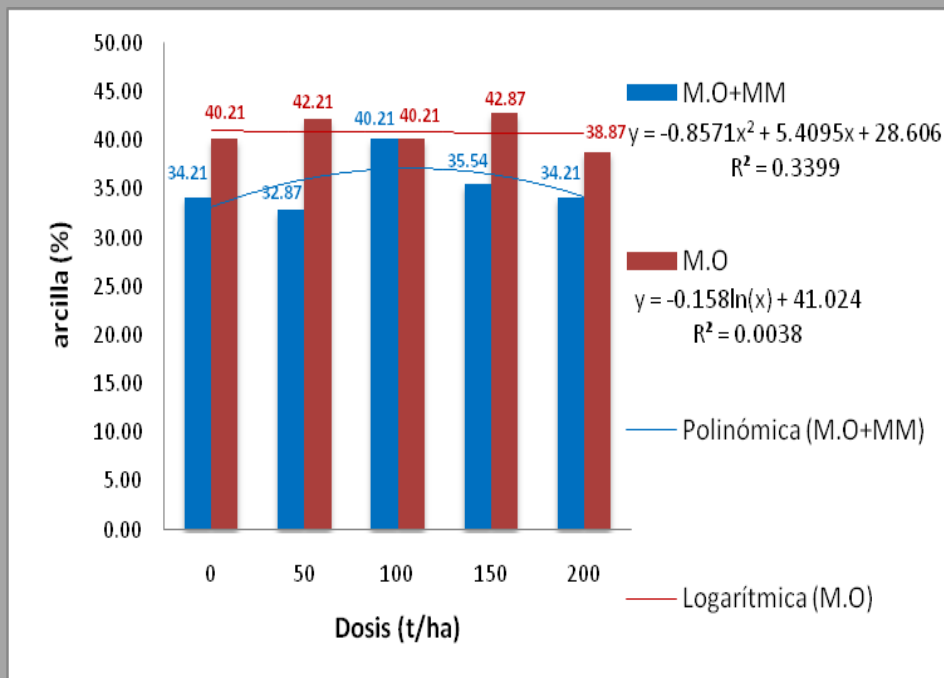


Figura 9. Textura del suelo a nivel de dosis: arcilla.

En cuanto a las propiedades físicas, presentan mala estructuración, buena aireación, muy alta permeabilidad y nula retención de agua. Por el contrario los suelos arcillosos son muy activos desde el punto de vista químico, adsorben iones y moléculas, flocculan (la fracción arcilla permanece inmóvil) y dispersan (migran), muy ricos en nutrientes, retienen mucha agua, bien estructurados, pero son impermeables y asfixiantes. Pero los suelos limosos tienen nula estructuración, sin propiedades coloidales, son impermeables y con mala aireación (DIGHTON *et al.*, 1997).

4.1.5. Materia fresca

El Cuadro 20, se observa que los bloques y la interacción entre los tratamientos no manifestaron ninguna significancia. Además en los tipos de suelo A y en los niveles B manifiestan diferencia estadística altamente significativa.

Cuadro 20. Análisis de varianza de materia fresca.

F.V	GL	CM	SIG
BLOQUES	2	0,55975000	NS
A	1	3,53633333	**
B	4	8,42054167	**
A*B	4	0,10529167	NS
ERROR	18	0,92937963	
TOTAL	29		

El Cuadro 21, se observa en el nivel A (tipo de suelo) que el suelo con M.O, ha dado mejores resultados para la materia fresca. Indicándonos que, si bien es cierto que los microorganismos ayudan en la transformación de la materia orgánica, liberando los nutrientes; esta liberación ha permitido el proceso de inmovilización de los elementos mineralizados y no contribuyó en el peso de materia fresca.

Cuadro 21. Duncan del nivel A (tipo de suelo) de materia fresca.

Tipo de suelo	Peso (g)	Duncan
MO	4,3733	A
MO+MM	3,6867	B

El Cuadro 22, se muestra el efecto de los diferentes niveles de materia en el contenido de materia fresca, en ella se observa que con la dosis de 150 t/ha M.O (75 t/ha de estiércol con 75 t/ha de aserrín) tuvieron mayores pesos de materia fresca, pero estadísticamente similares al efecto de los niveles 100 y 200 t/ha. En la Figura 10, Los resultados describen una ecuación polinómica de la forma $Y = 0,0595X^2 - 0,2405X + 5,6667$, y $y = 0,0833X^2 - 0,45X + 5,9$ para los tratamientos MO + MM y MO solo respectivamente. Resulta ser lógica la respuesta presentada, por que como sabemos, que a mayor cantidad de materia orgánica mayor será la cantidad de nutrientes liberados o mayor será el efecto sobre la modificación de las otras propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Cuadro 22. Duncan del nivel B (enmiendas orgánicas) de materia fresca.

B (t/ha)	Peso (kg)	Duncan
150	4,9417	A
200	4,9333	A
100	4,725	A
50	3,1833	B
0	2,3667	B

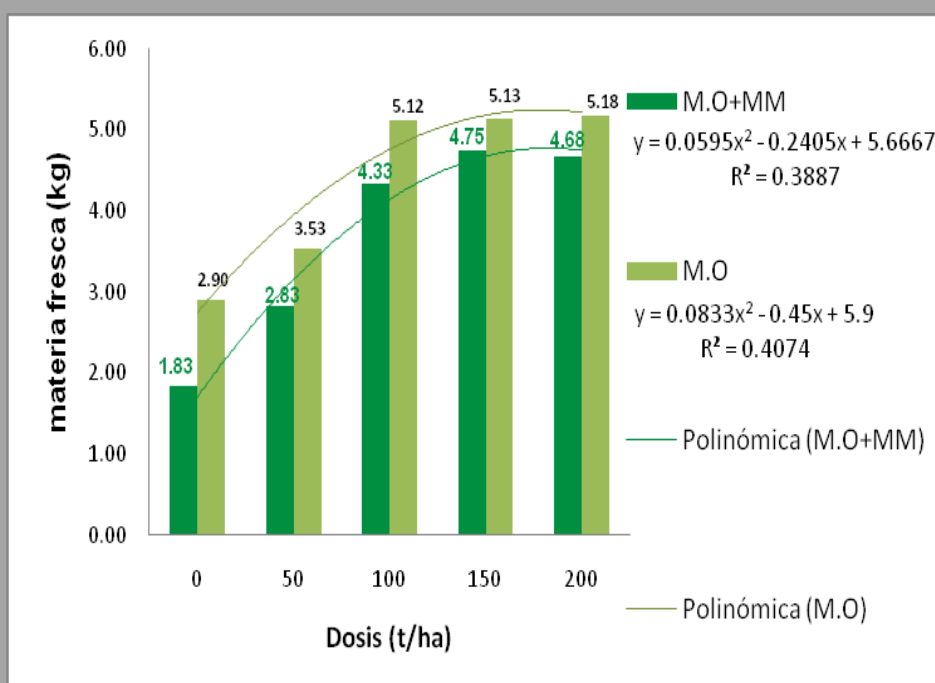


Figura 10. Materia fresca del suelo a nivel de dosis.

La materia fresca suele descomponerse con los microorganismos que se encuentran en el suelo (DIGHTON *et al.*, 1997), en los resultados se muestra que los tratamientos que tuvieron M.M. redujeron la materia orgánica oxidándolas y formando elementos menos complejas (PELCZAR, 1993); mientras que los tratamientos que no tuvieron M.M, la diferencia de pesos

frescos es relativo ya que solo se descomponían por procesos de mineralización (REICHARDT *et al.*, 1997).

4.2. Cuantificación de macrofauna

El Cuadro 23, se observa que en los tratamientos y la interacción entre ellos no manifestaron ninguna significación estadística en la macrofauna; por lo tanto, todos los tratamientos y las interacciones son iguales entre sí.

Cuadro 23. Análisis de varianza de macrofauna.

F.V	GL	CM	SIG
BLOQUES	2	8942,033333333	NS
A	1	1717,633333333	NS
B	4	1578,283333333	NS
A*B	4	2016,716666667	NS
ERROR	18	1238,18148148	
TOTAL	29		

La Figura 11, se muestra que a medida que se incrementa las dosis de M.O + M.M, aumenta la población de macrofauna, sobre todo a partir de 100 t/ha. Por lo tanto, con este resultado se reafirma que si hubo actividad microbiana para la transformación de la materia orgánica, consecuentemente hubo liberación de los nutrientes pero estos nutrientes fueron utilizados para el incremento de la biomasa de la propia macrofauna y no para el crecimiento de las plantas tal como se muestra en la Figura 10. Por otro lado, la misma Figura muestra que cuando se aplica M.O solo, y al incrementar la dosis le acompaña

una disminución de los organismos y en las dosis de 50 t/ha de M.O solo, empieza a reducir la población de la macrofauna, como efecto de la reducción del sustrato alimenticio.

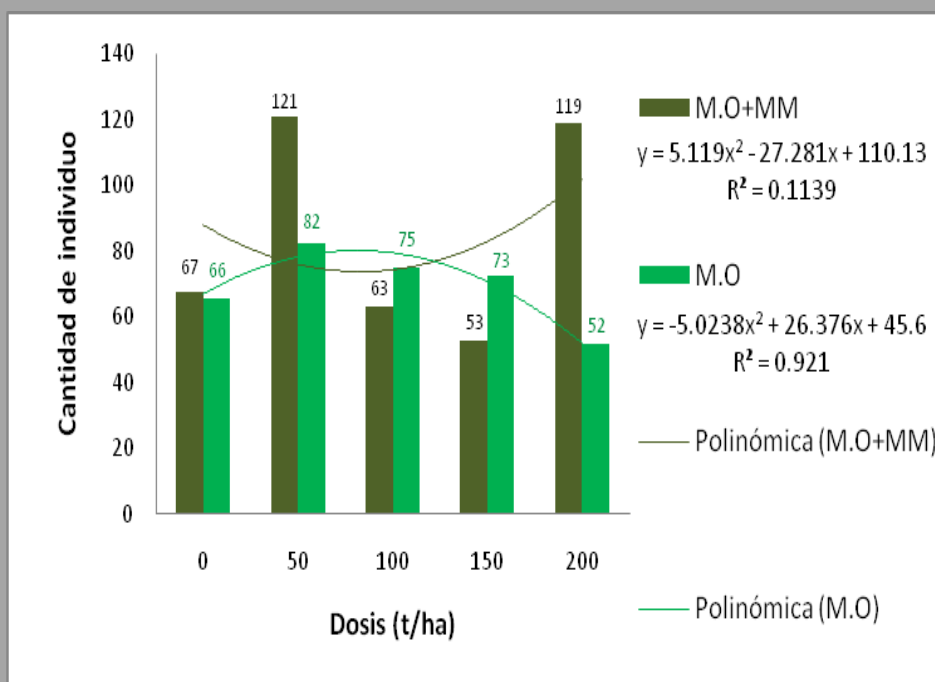


Figura 2. Número de macrofauna del suelo a nivel de dosis.

Es muy importante realizar el análisis, de la macrofauna del suelo ya que son considerados como vectores en un ecosistema, el cual permite diversificar y traer microorganismos que permitirá realizar las funciones de oxidación (PLASTER, 2000), como en las dosis de 50 t/ha y 200 t/ha de materia orgánica más microorganismo de montaña. Los microorganismos de montaña, aceleran la descomposición de la materia compleja en simples, siendo de esta forma más atractivas para la dieta alimenticia de la macrofauna (QUAISER, 2002).

Estos resultados guardan una cierta relación con el estudio de CAMPOS (2005), que muestreó diferentes sistemas de uso del suelo para ver las densidades de macrofauna, siendo en el Sistema Agroforestal Café (SAC) y Sistema Agroforestal Cultivos (SA) de altas densidades, en estos sistemas posiblemente se debe a la disponibilidad de alimento diverso que presentan estos sistemas al componerse de asociaciones de plantas lo cual diversifica los restos vegetales en la superficie del suelo.

4.3. Respiración metabólica

El Cuadro 24, se observa que los tratamientos no manifestaron ninguna significancia estadística. Pero en niveles de B (dosis) se presenta una alta significancia estadística, manifestando diferencia entre dosis para la actividad metabólica de los microorganismos.

Cuadro 24. Análisis de varianza de actividad metabólica (respiración).

FV	GL	CM	SIG
BLOQUES	2	1,28083680	NS
A	1	0,00211680	NS
B	4	1,72426320	**
A*B	4	0,49751280	NS
ERROR	18	0,57490080	
TOTAL	29		

El Cuadro 25, se observa que presenta mejores resultados para la actividad metabólica en la dosis de 150 t/ha de materia orgánica, en comparación del resto.

Cuadro 25. Duncan del nivel B (dosis) de la actividad metabólica (respiración).

Dosis	C=CO ₂ mg	Duncan		
150	1,7460	A		
200	1,5540	A	B	
100	1,1400	A	B	C
0	0,7020		B	C
50	0,4920			C

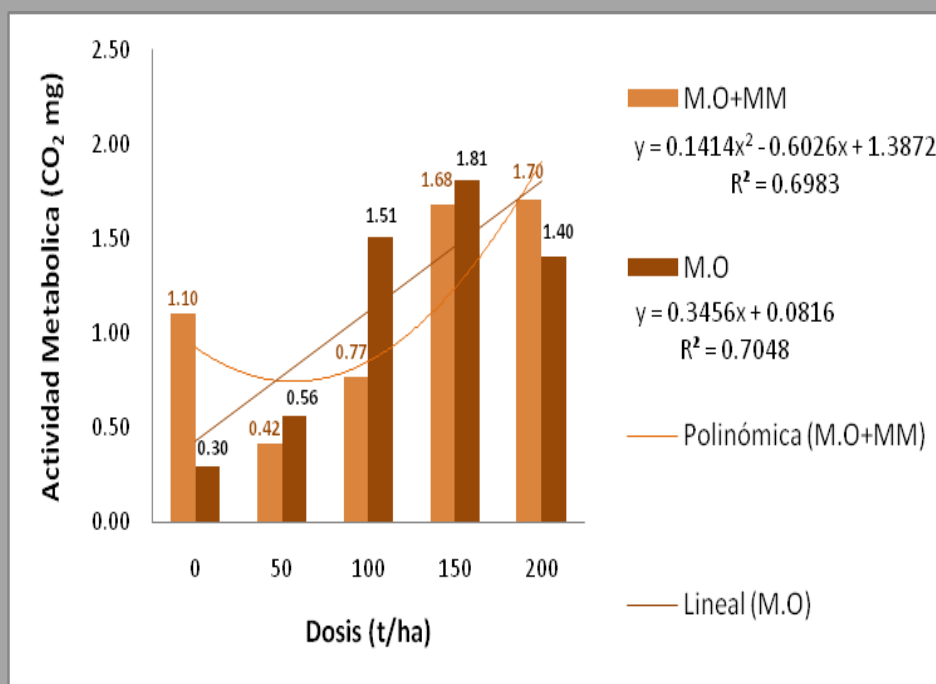


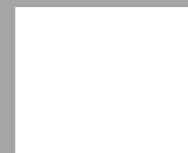
Figura 3. Actividad metabólica en tres días del suelo a nivel de dosis.

En la Figura 12, en ambos tipos de suelo, hay respiración microbiana (captura de C), a medida que se incrementa la M.O + MM y M.O, pero donde hay mayor respiración (captura de C), es M.O solo. Esto se debe a que los microorganismos de montaña oxidaron la materia orgánica. Se describe

también con una ecuación de tipo polinómica para las dosis de M.O + MM y lineal para M.O; de la forma $Y = 0,1414x^2 - 0,6026x + 1,3872$ e $Y = -0,1423x^2 + 1,1993x - 0,9144$.

La actividad metabólica de un suelo está regida por los microorganismos presentes en la muestra (REICHARDT *et al.*, 1997), ya que ellos oxidan la materia orgánica, realizando una respiración celular a nivel de microorganismos (BITTON *et al.*, 1994), la dosis 200 t/ha de materia orgánica con microorganismo de montaña, ha obtenido mejores resultados en cuanto a la actividad metabólica, ya que en su composición química hubo una mayor cantidad 100 t/ha de estiércol, con 100 t/ha de aserrín; en donde los microorganismos de montaña oxidaron la materia orgánica, aumentando la cinética química de transformación de los elementos complejos en elementos más sencillos (PELCZAR, 1993; GOYAL y GERBA, 1999).

Pero en la dosis 150 t/ha materia orgánica solo resulto tener una alta actividad metabólica, esto es porque el suelo tiene sus propios microorganismos los cuales, como no tuvieron competencia con los microorganismos de montaña, ejercieron una mejor labor de oxidación de la materia orgánica, la cual consumieron la dosis 75 t/ha de estiércol con 75 t/ha de aserrín con una mayor eficiencia (QUAISER, 2002).



V. CONCLUSIONES

1. El efecto de la materia orgánica más microorganismo de montaña y materia orgánica solo, modificaron las propiedades físicas del suelo tales como:
 - La densidad aparente aumenta cuando se aplica materia orgánica más microorganismo de montaña y disminuye al aplicar niveles de materia orgánica solo; mientras para el porcentaje de porosidad los resultados fueron inversos a la densidad aparente.
 - En el análisis de agregados, por el método seco al aplicar niveles de materia orgánica más microorganismo de montaña disminuyó el porcentaje de agregados y aumenta el porcentaje de agregados al aplicar niveles materia orgánica solo; por el método mojado, al aplicar niveles de materia orgánica más microorganismo de montaña y materia orgánica solo aumenta el porcentaje de agregados.
 - La velocidad de infiltración aumenta al aplicar niveles de materia orgánica solo y disminuye al aplicar niveles de materia orgánica más microorganismo de montaña.
2. La población de macrofauna disminuyó al incrementar niveles de materia orgánica solo y aumentó la población de macrofauna al incrementar los niveles de materia orgánica más microorganismo de montaña.

3. La actividad metabólica aumenta al incrementar niveles de materia orgánica más microorganismo de montaña y materia orgánica solo.



VI. RECOMENDACIONES

1. Repetir esta metodología de investigación en épocas de altas precipitaciones, debido a que esta zona tienen dos épocas bien marcadas.
2. Aplicar diferentes fuentes de materia orgánica y comparar los resultados respecto al efecto sobre las propiedades físicas del suelo.
3. Realizar trabajos similares de investigación empleando indicadores como las especies forestales nativas.
4. Estudiar las propiedades físicas, químicas, y biológicas del suelo, por un periodo más prolongado de evaluación y con más repeticiones.



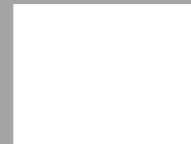
VII. ABSTRACT

The present work of investigation, it was realized between May, 2010 to April, 2011, qualified " Effect of the manure, sawdust and microorganisms of mountain in the genesis of the structure of the degraded soil in Tingo María ", seeking to determine the effect of thecuy manure, sawdust and microorganisms of mountain in the physical properties of the soil (texture, apparent density, % porosity, percentage of aggregate and speed of infiltration),The quantity of macrofauna and, the metabolic activity of the soil. The used methodology was based on the demarcation and preparation of the area, sampling of soil, and application of organic amendments; then we determined the texture, apparent density, % of porosity, aggregate analysis, determination of the speed of infiltration, the macrofauna and the metabolic breathing.

We obtained that the effect of the organic matter more microorganisms of mountain and organic matter alone, it modified the physical properties of the soil such as: The apparent density increases when organic matter applies more microorganisms of mountain, for the percentage of porosity the results were inverse to the apparent density.In the aggregates analysis, for the dry method, it increases the percentage of aggregates when levels of organic matter alone; for the wet method, when apply levels of organic matter

more microorganisms of mountain and organic matter alone it increases the percentage of aggregates. The speed of infiltration increases on having applied levels of organic matter. The population of macrofauna increased when increased the levels of organic matter more microorganisms of mountain. The metabolic activity increases when increase levels of organic matter more microorganisms of mountain and organic matter alone.

Key words: Macrofauna, manure, sawdust, microorganism of mountain, infiltration and metabolic



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, A. y FALLAS, L. 2004. La saturación de acidez y el encalado sobre el crecimiento de teca (*Tectona grandis* L.) en suelos ácidos de Costa Rica. [En línea]: Redalyc, (<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=43628108.20>, artículo, 20 Jun. 2009).
- BARDGETT, R. D., FRANKLAND, J. C. y WHITTAKER, J. B. 1993. The effects of agricultural management on the soil biota of some upland grassland. *Agriculture Ecosystems and environment* 45, 25-45.
- BAVER, C.D. 1975. Física de suelos. Hispano América. México. 529 p.
- BAVER, G. 1991. Física de suelos. Hispano América. México. 529 p.
- BELTRAN, C. 1975. Nutrición de las plantas y fertilización en el Perú. SCDA.VON. misión de los andes. Bogotá. 113p.
- BITTON, G. 1994. Movement and retention of klebssiella aerogenes in soil columns. *Plant and Soil* 40: 373-380.
- BORNEMISZA, E. 1983. Introducción a la química de suelos. Edición Eva V. San José, Costa Rica. 74p.

- CARDENAS, P. 2008. Determinación de la mesofauna del suelo bajo diferentes coberturas en Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. 72 p.
- CARLOS, E. 2006. Efecto de la roca fosfórica y dolomita y cal sobre el pH, la acidez cambiante, el contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio en un suelo muy ácido de Satipo. Instituto de investigación – Facultad de Ciencias Agrarias Satipo. [En línea]: UNCP (<http://www.uncp.edu.pe/ci/proyectos/trabajos/SATIPOEFECTO%20DE%20LA%20ROCA%20FOSFORICA,%20DOLOMITA%20Y%20CAL.pd>, Artículo, 01 May. 2009).
- DIGHTON, J. 1997. The role of a biotic factors, cultivation practices and soil fauna in the dispersal of genetically modified microorganism in soils. *Applied soil ecology* 5:109-131.
- EBERSBERGER, D., WERMBTER, N., NIKLAUS, P. A. y KANDELER, E. 2004. Effects of long term CO₂ enrichment on microbial community structure in calcareous grasslands. *Plant Soil* 264: 313-323.
- FASSBENDER, H. 1992. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 3^{ra} reimpresión. IICA. San José. Costa Rica. 422 p.
- FORSYTHE, W. 1975. Manual de laboratorio de física de suelos. Edición instituto interamericano de ciencias agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 211p.
- FOTH, H. 1990. Fundamentos de la ciencia del suelo. Edición CECSA. México. Editorial continental. 433 p.

- GALUSSER, S. 2010. Abonos con microorganismos de montaña: un éxito en Perú. [En línea]: VOENSAMERICA (<http://volensamerica.org/Abonos-enriquecidos-con.html?lang=es>, documento, 28 Ene. 2010).
- GARDNER, W. 1991. Física de suelos. Primera edición, México. 529 p.
- GOYAL, S. y GERBA, C. 1999. Comparative adsorption of human enteroviruses, simian rotavirus and selected bacteriophages to soils. *Applied Environment Microbiology*. 38, 241 – 247.
- GUROVICH, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistema de riego. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (CIIA). Primera Edición, San José, Costa Rica. Capítulo 6. p. 143-168.
- GUZMAN, O.M. 2008. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. Soil improvement committee. California. 366 p.
- IBAÑEZ, J. 2005. La estructura del suelo por Antonio López Lafuente. [En línea]: MADRIMASD (<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2005/10/19/7437>, documento, 19 Oct. 2009).
- JAMES, B. y ERIC, W. 1997. Molecular microbial diversity in soil from eastern Amazonia: evidencia for unusual microorganisms an microbial populations shifts associated with deforestation. *Appl. Environ. Microbiol*, 63:2.647-53.
- LEBLANC, H. y TABORA, P. 2000. Abono orgánico fermentado (BOKASHI). Tecnología tradicional adaptada para una agricultura sostenible y un

manejo de desechos modernos. Guacino, Limón, Costa Rica. Primera edición. 25 p.

LINARES, D. 2007. Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso en el Parque Nacional Tingo María. Huánuco, Perú. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. 86 p.

MILIARIUM. 2004. Degradación biológica del suelo. [En línea]: Miliarium (<http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Suelos/DegradacionBiologica.htm>, documento, 20 Jun. 2009)

MOLINA, E. y ROJAS, A. 2005. Efecto del encalado en cultivo de naranja valencia en la zona norte de Costa Rica. [En línea]: MAG, (http://www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.pdf, artículo, 20 Jun. 2009).

OKANO, Y., HRISTOVA, K. R., LEUTENEGGER, C. M., JACKSON, L. E., DENISON, R. F., GEBREYESUS, B., *et al.* 2004. Application of real-time PCR to study effects of ammonium on population size of ammonia-oxidizing bacteria in soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 70: 1008-1016.

OLIVEIRA, E.P. 1996. Estudo dos Invertebrados Terrestres e Distribuição Vertical Em Diferentes Ecossistemas da Amazônia Central. In: XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo. Águas de Lindóia - SP. Resumo expandido em CD Rom.

PELCZAR, L. 1993. Microbiología. México. Editorial McGraw Hill.

- PIETIKAINEN, J. 1993. Microbial biomass and activity in the humus layer following burning: short effects of two different fires. *Canadian Journal of Forest Research*. 23, 1275 – 1285.
- PLASTER, J.E. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Edición Montytexto. Madrid, España. Editorial paraninfo. 419 p.
- QUAISER, A. 2002. First insight into the genome of an uncultivated chrenarchaeote from soil. *Environ. Microbiol.* 4: 603-611.
- REICHARDT *et al.*, 1997. Microbial communities of continuously cropped, irrigated reice fields. *Appl. Environ. Microbiol.* 63:233-38.
- RIVERA, C. 1997. Efecto biológico del cultivo de maíz (*Zea mays* l) y de enmiendas en la generación de la estructura de un suelo degradado y no degradado. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. 159 p.
- RUIZ, S. 2008. Cuantificación de microorganismos en cinco tipos de suelos del bosque reservado de la universidad nacional agraria de la selva (BRUNAS) Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. 97 p.
- SCHULD, M. 2008. Aplicación de aserrín de madera compostado. [En línea]: Manual de lombricultura, (<http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/15356.html>., febrero 2008, documento, 20 de Jun. 2009).

- SOTO, C. 1995. Efecto de las enmiendas orgánicas en la generación de la estructura de dos suelos: degradados y no degradados en Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. 85 p.
- THOMPSON, L. M. y TROEH, F. R. 1998. Los suelos y su fertilidad. Revert S.A. Barcelona España, pp. 135-169.
- VÉLEZ, M., VÉLEZ, J. 2002. Capítulo 8: Infiltración. Universidad Nacional de Colombia, Unidad de Hidráulica.
- VIQUEZ, W. y MONTERO, M. 2009. Microorganismo de Montaña. [En línea]: INFOAGRO, (<http://www.infoagro.go.cr/hojasi/Brunca/Potrero/Grande.pdf>. documento, 01 Abr. 2009).
- WILD, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Versión Española de P. Urbano Terrón y C. Rojo Fernández. Mundi - Prensa. Madrid, España. 1045 p.
- ZANCADA, M. C. y SÁNCHEZ, A. 1994. Papel de los nematodos en la biología del suelo. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biología). 91, 49-56.



IX. ANEXOS

Anexo A. Datos obtenidos en campo definitivo

Cuadro 26. Datos de porosidad y densidad aparente del suelo.

Bloques	Trat	Peso del suelo	Vol. cilindro	Da	Dr g/cc	Porosidad%
I	T1	95,58	98,05	0,962	2,65	63,716
	T2	80,36	98,05	0,962	2,65	63,716
	T3	81,33	98,05	0,980	2,65	63,004
	T4	95,56	98,05	0,926	2,65	65,059
	T5	93,61	98,05	0,847	2,65	68,020
	T6	99,28	98,05	0,980	2,65	63,004
	T7	86,23	98,05	0,909	2,65	65,695
	T8	70,08	98,05	0,995	2,65	62,452
	T9	97,99	98,05	0,926	2,65	65,059
	T10	65,8	98,05	0,980	2,65	63,004
II	T1	94,51	98,05	0,943	2,65	64,400
	T2	69,84	98,05	0,943	2,65	64,400
	T3	83,69	98,05	0,980	2,65	63,004
	T4	89,32	98,05	0,926	2,65	65,059
	T5	79,81	98,05	0,962	2,65	63,716
	T6	111,18	98,05	0,943	2,65	64,400
	T7	90,94	98,05	0,926	2,65	65,059
	T8	87,4	98,05	0,769	2,65	70,972
	T9	81,52	98,05	0,893	2,65	66,307
	T10	95,26	98,05	0,926	2,65	65,059
III	T1	92,93	98,05	0,926	2,65	65,059
	T2	81,49	98,05	0,962	2,65	63,716
	T3	80,78	98,05	0,926	2,65	65,059
	T4	91,81	98,05	0,980	2,65	63,004
	T5	90,48	98,05	0,962	2,65	63,716
	T6	101,67	98,05	0,926	2,65	65,059
	T7	101,2	98,05	0,943	2,65	64,400
	T8	87,75	98,05	0,962	2,65	63,716
	T9	90,37	98,05	0,980	2,65	63,004
	T10	91,01	98,05	1,000	2,65	62,264
	AT	98,7	101,79	0,962	2,65	63,716

Cuadro 27. Datos de Velocidad de infiltración.

Bloques	Tratamientos	Velocidad de Infiltración (cm/h)
I	T1	11,00
	T2	5,72
	T3	20,70
	T4	18,40
	T5	27,60
	T6	26,40
	T7	6,12
	T8	5,16
	T9	0,00
	T10	10,00
II	T1	7,74
	T2	34,40
	T3	11,80
	T4	20,72
	T5	12,00
	T6	30,00
	T7	20,40
	T8	8,40
	T9	22,44
	T10	9,00
III	T1	3,00
	T2	1,68
	T3	9,96
	T4	7,62
	T5	2,72
	T6	9,24
	T7	13,32
	T8	2,80
	T9	10,80
	T10	30,00
ANT		3,00

Cuadro 28. Datos de los agregados por el método seco.

Bloques	Trat	Tamiz (mm)				
		5	2	1	0,5	0,25
I	T1	77,2	20,1	1,9	0,6	0,2
	T2	78,8	18,7	1,5	0,4	0,2
	T3	88,7	11,3	0,5	0,5	0,3
	T4	76,9	19,9	2,1	0,6	0,2
	T5	80,1	16,0	1,1	0,7	0,3
	T6	83,6	14,5	0,9	0,4	0,2
	T7	82,4	14,6	1,6	0,7	0,2
	T8	84,1	14,6	0,7	0,4	0,2
	T9	88,4	10,8	0,5	0,4	0,2
	T10	81,8	14,8	1,6	0,5	0,3
II	T1	47,4	39,4	8,4	3,6	0,4
	T2	58,2	31,6	5,5	2,4	0,7
	T3	79,9	16,1	1,4	1,0	0,6
	T4	72,5	2,4	2,5	0,5	0,2
	T5	80,5	17,5	1,2	0,4	0,1
	T6	77,1	21,0	1,3	0,2	0,1
	T7	70,7	22,0	4,1	2,2	0,6
	T8	80,9	16,6	1,3	0,5	0,2
	T9	79,9	17,6	2,9	0,8	0,2
	T10	77,2	13,3	4,6	3,4	0,8
III	T1	86,9	11,6	1,0	0,5	0,2
	T2	90,5	8,3	0,3	0,2	0,1
	T3	67,4	25,0	4,2	3,3	0,8
	T4	86,9	12,2	0,8	0,4	0,1
	T5	79,1	15,7	3,7	1,1	0,2
	T6	75,3	22,2	1,6	0,3	0,1
	T7	91,8	8,0	0,5	0,3	0,1
	T8	69,0	25,8	2,8	1,4	0,3
	T9	91,6	7,0	0,4	0,3	0,1
	T10	75,9	19,8	3,1	1,4	0,3
AT		80,4	17,2	1,9	0,6	0,1

Cuadro 29. Datos de los agregados por el método húmedo

Bloques	Trat	Tamiz (mm)				
		5	2	1	0,5	0,25
I	T1	45,2	42,4	33,0	13,0	2,5
	T2	45,0	44,9	40,9	51,7	10,9
	T3	42,3	44,7	68,8	23,6	14,7
	T4	45,2	42,4	33,0	13,0	2,5
	T5	43,2	27,8	34,1	26,1	19,2
	T6	38,4	38,0	22,3	12,4	13,4
	T7	43,2	42,9	75,6	21,0	4,7
	T8	46,7	36,1	26,8	36,3	6,2
	T9	32,5	34,1	20,2	13,9	8,1
	T10	42,1	35,2	38,2	20,3	8,3
II	T1	44,3	45,8	67,6	25,1	7,5
	T2	43,4	41,9	34,2	7,9	5,2
	T3	39,3	49,2	41,7	13,1	5,4
	T4	41,2	43,5	19,2	12,7	17,0
	T5	38,0	40,4	15,7	9,2	3,8
	T6	41,9	36,0	26,6	16,4	5,9
	T7	43,7	42,4	33,3	13,2	4,0
	T8	50,0	41,0	46,3	14,0	12,7
	T9	43,3	39,2	27,7	13,5	4,7
	T10	25,0	72,4	29,4	6,5	6,5
III	T1	42,3	44,7	68,8	23,6	14,7
	T2	43,8	38,5	11,9	11,7	2,3
	T3	46,7	46,5	59,5	19,3	14,8
	T4	47,2	41,0	28,0	14,5	5,5
	T5	37,7	40,8	14,2	47,8	19,1
	T6	40,9	33,4	43,0	21,0	21,4
	T7	51,4	33,1	10,8	20,8	17,1
	T8	43,2	34,4	33,4	69,3	7,1
	T9	34,6	38,2	18,4	9,5	3,7
	T10	29,0	47,9	66,1	15,0	6,7
AT		50,0	35,8	21,5	26,9	39,2

Cuadro 30. Datos de materia fresca en recuperación de suelos después de 4 meses.

Bloques	Tratamiento	Materia fresca que se encontró	Materia fresca que se incorporó	Materia fresca después de 5 meses. Kg
I	T1	6,00	5,00	2,70
	T2	5,50	5,00	2,50
	T3	6,00	5,00	3,00
	T4	6,50	5,00	4,65
	T5	6,00	5,00	1,50
	T6	6,50	5,00	3,20
	T7	5,00	5,00	5,50
	T8	5,00	5,00	5,60
	T9	5,00	5,00	5,50
	T10	5,00	5,00	3,50
II	T1	6,50	5,00	3,50
	T2	4,50	5,00	5,60
	T3	5,00	5,00	5,65
	T4	5,50	5,00	5,60
	T5	5,00	5,00	2,65
	T6	5,50	5,00	3,00
	T7	5,00	5,00	4,20
	T8	6,00	5,00	4,20
	T9	5,50	5,00	5,30
	T10	5,00	5,00	2,50
III	T1	5,00	5,00	2,30
	T2	5,50	5,00	4,90
	T3	6,00	5,00	5,60
	T4	6,00	5,00	3,80
	T5	5,00	5,00	1,35
	T6	4,50	5,00	4,40
	T7	5,00	5,00	5,65
	T8	6,00	5,00	5,60
	T9	6,50	5,00	4,75
	T10	6,50	5,00	2,70

Cuadro 31. Datos de textura del suelo.

Bloques	Tratamiento	Arena	Arcilla	Limo
I	T1	31,0952	32,2064	36,6984
	T2	23,0952	40,2064	36,6984
	T3	27,0952	36,2064	36,6984
	T4	33,0952	34,2064	32,6984
	T5	29,0952	36,2064	34,6984
	T6	9,0952	42,2064	48,6984
	T7	19,0952	40,2064	40,6984
	T8	17,0952	44,2064	38,6984
	T9	21,0952	40,2064	38,6984
	T10	21,0952	40,2064	38,6984
II	T1	33,0952	30,2064	36,6984
	T2	25,0952	38,2064	36,6984
	T3	29,0952	34,2064	36,6984
	T4	35,0952	32,2064	32,6984
	T5	31,0952	34,2064	34,6984
	T6	11,0952	40,2064	48,6984
	T7	21,0952	38,2064	40,6984
	T8	19,0952	42,2064	38,6984
	T9	23,0952	38,2064	38,6984
	T10	23,0952	38,2064	38,6984
III	T1	29,0952	36,2064	34,6984
	T2	19,0952	42,2064	38,6984
	T3	27,0952	36,2064	36,6984
	T4	37,0952	36,2064	26,6984
	T5	35,0952	32,2064	32,6984
	T6	13,0952	44,2064	42,6984
	T7	13,0952	42,2064	44,6984
	T8	17,0952	42,2064	40,6984
	T9	19,0952	38,2064	42,6984
	T10	21,0952	42,2064	36,6984
ANT		29,0160	40,2640	30,7200

Cuadro 32. Datos para la actividad metabólica de los microorganismos.

BLOQ	TRAT.	Lectura 1	Lectura 2	Lectura3	captura de C = CO ₂ mg en tres días
		C = CO ₂ mg	C = CO ₂ mg	C = CO ₂ mg	
I	T1	0,252	0,108	0,036	0,396
	T2	0,216	0,216	0,108	0,54
	T3	1,8	0,72	0,36	2,88
	T4	1,62	1,44	0,18	3,24
	T5	1,98	0,324	0,036	2,34
	T6	0,144	0,072	0,108	0,324
	T7	0,288	2,304	0,108	2,7
	T8	0,468	0,468	1,116	2,052
	T9	0,468	0,072	0,072	0,612
	T10	0,18	0,036	0,036	0,252
II	T1	0,216	0,216	0,072	0,504
	T2	0,072	0,144	0,108	0,324
	T3	0,54	0,576	0,252	1,368
	T4	0,324	0,396	0,216	0,936
	T5	0,216	0,288	0,036	0,54
	T6	0,252	0,108	0,54	0,9
	T7	0,36	0,576	0,432	1,368
	T8	0,252	0,144	1,62	2,016
	T9	0,684	0,468	0,432	1,584
	T10	0,18	0,036	0,108	0,324
III	T1	0,108	0,072	0,18	0,36
	T2	1,08	0,18	0,18	1,44
	T3	0,288	0,324	0,18	0,792
	T4	0,252	0,324	0,36	0,936
	T5	0,252	0,072	0,108	0,432
	T6	0,288	0,108	0,072	0,468
	T7	0,18	0,216	0,072	0,468
	T8	0,432	0,576	0,36	1,368
	T9	0,828	0,756	0,432	2,016
	T10	0,144	0,072	0,108	0,324
	AT	0,216	0,072	0,036	0,324

Cuadro 33. Datos del número de especies de macrofauna.

BLOQUES	TRATAMIENTOS	Número de individuo
I	T1	122
	T2	65
	T3	83
	T4	91
	T5	21
	T6	31
	T7	85
	T8	14
	T9	36
	T10	32
II	T1	112
	T2	69
	T3	24
	T4	102
	T5	98
	T6	71
	T7	49
	T8	38
	T9	29
	T10	24
III	T1	129
	T2	56
	T3	51
	T4	163
	T5	83
	T6	145
	T7	91
	T8	166
	T9	90
	T10	141
ANT		15

Cuadro 34. Análisis de varianza de densidad aparente.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUES	2	0,00674240	0,00337120	1,33	0,2887
A	1	0,00055470	0,00055470	0,22	0,6453
B	4	0,00057567	0,00014392	0,06	0,9934
A*B	4	0,00830513	0,00207628	0,82	0,5289
ERROR	18	0,04554760	0,00253042		
TOTAL	29	0,06172550			

Cuadro 35. Análisis de varianza de porosidad.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUES	2	9,53300247	4,76650123	1,33	0,2904
A	1	0,76992120	0,76992120	0,21	0,6491
B	4	0,81395220	0,20348805	0,06	0,9935
A*B	4	11,93792647	2,98448162	0,83	0,5235
ERROR	18	64,73865553	3,59659197		
TOTAL	29	87,79345787			

Cuadro 36. Análisis de varianza de análisis de agregados: método seco.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUES	2	590,70200000	295,35100000	3,30	0,0601
A	1	114,85633333	114,85633333	1,28	0,2722
B	4	199,45200000	49,86300000	0,56	0,6966
A*B	4	132,97866667	33,24466667	0,37	0,8259
ERROR	18	1611,25800000	89,51433333		
TOTAL	29	2649,24700000			

Cuadro 37. Análisis de varianza de análisis de agregados: método mojado.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUES	2	9,38600000	4,69300000	0,24	0,7929
A	1	50,44033333	50,44033333	2,53	0,1294
B	4	336,89866667	84,22466667	4,22	0,0139
A*B	4	173,26133333	43,31533333	2,17	0,1138
ERROR	18	359,38066667	19,96559259		
TOTAL	29	929,36700000			

Cuadro 38. Análisis de varianza de velocidad de infiltración.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUES	2	368,30730667	184,15365333	1,98	0,1675
A	1	2,71201333	2,71201333	0,03	0,8664
B	4	105,62354667	26,40588667	0,28	,8849
A*B	4	470,47698667	117,61924667	1,26	,3209
ERROR	18	1676,89029333	93,16057185		
TOTAL	29	2624,01014667			

Cuadro 39. Análisis de varianza de materia fresca.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUES	2	1,11950000	0,55975000	0,60	0,5582
A	1	3,53633333	3,53633333	3,81	0,0668
B	4	33,68216667	8,42054167	9,06	0,0003
A*B	4	0,42116667	0,10529167	0,11	0,9762
ERROR	18	16,72883333	0,92937963		
TOTAL	29	55,48800000			

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 40. Análisis de varianza de textura de suelo: arena.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUES	2	26,66666667	13,33333333	2,81	0,0865
A	1	1032,53333333	1032,53333333	217,80	0,0001
B	4	296,00000000	74,00000000	15,61	0,0001
A*B	4	194,13333333	48,53333333	10,24	0,0002
ERROR	18	85,33333333	4,74074074		
TOTAL	29	1634,66666667			

Cuadro 41. Análisis de varianza de textura de suelo: limo.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUES	2	2,40000000	1,20000000	0,27	0,7671
A	1	294,53333333	294,53333333	66,05	0,0001
B	4	149,86666667	37,46666667	8,40	0,0005
A*B	4	74,13333333	18,53333333	4,16	0,0148
ERROR	18	80,26666667	4,45925926		
TOTAL	29	601,20000000			

Cuadro 42. Análisis de varianza de textura de suelo: arcilla.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUES	2	37,06666667	18,53333333	8,87	0,0021
A	1	224,13333333	224,13333333	107,30	0,0001
B	4	55,20000000	13,80000000	6,61	0,0019
A*B	4	73,86666667	18,46666667	8,84	0,0004
ERROR	18	37,60000000	2,08888889		
TOTAL	29	427,86666667			

Cuadro 43. Análisis de varianza de actividad metabólica.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUES	2	2,56167360	1,28083680	2,23	0,1366
A	1	0,00211680	0,00211680	0,00	0,9523
B	4	6,89705280	1,72426320	3,00	0,0464
A*B	4	1,99005120	0,49751280	0,87	0,5034
ERROR	18	10,34821440	0,57490080		
TOTAL	29	21,79910880			

Cuadro 44. Análisis de varianza de macrofauna.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUES	2	17884,06666667	8942,03333333	7,22	0,0050
A	1	1717,63333333	1717,63333333	1,39	0,2542
B	4	6313,13333333	1578,28333333	1,27	0,3165
A*B	4	8066,86666667	2016,71666667	1,63	0,2104
ERROR	18	22287,26666667	1238,18148148		
TOTAL	29	56268,96666667			

Anexo B. Fotografías del trabajo realizado



Figura 4. Mezcla de la materia orgánica (estiércol y aserrín).



Figura 5. Pesado de la materia orgánica (estiércol, aserrín y microorganismo de montaña).



Figura 6. Cultivo y delimitación de las parcelas de trabajo.



Figura 7. Incorporación de materia orgánica a las parcela de estudio.



Figura 8. Parcela de estudio terminado, antes de 4 meses.



Figura 9. Parcela después de 4 meses, comienzo de las evaluaciones (propiedades físicas, macrofauna y actividad microbiana).

