



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**“EFECTO DE DIFERENTES ESPECIES VEGETALES EN
ACOLCHADO (MULCHING) SOBRE SUELOS ARCILLOSOS
EN LA ESTACIÓN AGROECOLÓGICA U.T.P.L.”**

*Tesis previa a la
Obtención del Título de
Ingeniero Agropecuario*

AUTOR

Lorgio Alexi Salas Calva

DIRECTOR

Ing. Hernán Patricio Lucero Mosquera

Loja - Ecuador

2008

CERTIFICACIÓN

Ing. Hernán Patricio Lucero Mosquera

DIRECTOR DEL INSTITUTO DE MANEJO SUSTENTABLE DEL SUELO

CERTIFICA:

Que el presente trabajo investigativo “**Efecto de diferentes especies vegetales en Acolchado (mulching) sobre suelos arcillosos en la Estación Agroecológica U.T.P.L.**” de autoría del Señor Lorgio Alexi Salas Calva, se realizó bajo mi dirección y control personal, cuyo contenido ha sido prolijamente revisado y corregido, por lo que autorizo su publicación y defensa.

Loja, Noviembre del 2008

Ing. Hernán Patricio Lucero Mosquera

DIRECTOR

AUTORÍA

Las ideas, opiniones, criterios y recomendaciones plasmadas en el presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Lorgio Alexi Salas Calva

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Lorgio Alexi Salas Calva declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

Lorgio Alexi Salas Calva

DEDICATORIA

Con gran sinceridad dedico este trabajo de investigación a la memoria de mi querido padre, Salvador Salas; quién siempre quiso que sea alguien en la vida, y a mi querida y abnegada madrecita, Bertha Mariela Calva; quién me brindó incondicionalmente y con todo su amor su apoyo moral, espiritual y material de una manera desinteresada; y a todos mis queridos y estimados hermanos: Nixón, Carlos, Teodoro, José y Patricio; quienes con el mayor empeño y sacrificio, me supieron comprender, ayudar y apoyar en todo momento para conseguir lo que me propuse. Vaya para todos ellos de todo corazón un muchas gracias y que Dios les pague.

ALEXI

AGRADECIMIENTO

Los triunfos del ser humano siempre son forjados con la ayuda de otros. Por esta razón, al culminar mi vida estudiantil y empezar a servir a la sociedad como profesional quiero expresar mi más sincero sentimiento de gratitud y estima a la Universidad Técnica Particular de Loja, en especial a la Escuela de Ingeniería Agropecuaria, y a la planta docente de la misma, quienes con su perseverancia y sabiduría han sabido compartir conmigo sus conocimientos de aprendizaje durante mi vida como estudiante universitario y haber recibido de ella mi formación profesional, especialmente al señor Ing. Hernán Lucero Director de Tesis quien con su gran aporte profesional supo apoyarme y orientarme con paciencia, dedicación y mucho esmero a cumplir con éxito mi meta propuesta en el desarrollo y ejecución del trabajo de tesis.

También agradezco al Ing. Juan Ignacio Burneo, Al grupo de trabajo del laboratorio de la UCG, quienes me otorgaron todas las facilidades de los equipos para realizar la fase de laboratorio.

Así mismo de manera muy especial quiero dejar mi más sincero agradecimiento a mi querida madrecita Bertha Mariela Calva por su comprensión y apoyo incondicional, para poder llevar a feliz término mi trabajo investigativo.

EL AUTOR.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | PÁG. |
|---------------------------------------|-------------|
| CERTIFICACIÓN | ii. |
| AUTORÍA | iii. |
| CESIÓN DE DERECHOS | iv. |
| DEDICATORIA | v. |
| AGRADECIMIENTO | vi. |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | vii. |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii. |
| ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS | ix. |
| ÍNDICE DE CUADROS | x. |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xi. |
| SÍMBOLOS UTILIZADOS | xii. |
| RESUMEN | xiii. |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 3 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 3.1. Uso del Mulching | 4 |
| 3.1.1. Concepto | 4 |
| 3.2. Tipos de Acolchado o Mulching | 4 |
| 3.2.1. Acolchado Orgánico | 4 |
| 3.2.2. Acolchado Inorgánico | 5 |
| 3.3. Ventajas y Desventajas de su Uso | 5 |
| 3.3.1. Ventajas | 5 |

| | |
|--|----|
| 3.3.1.1. La conservación de la humedad del suelo | 5 |
| 3.3.1.2. Disminución del escurrimiento superficial y erosión | 6 |
| 3.3.1.3. La capacidad de retención del agua | 6 |
| 3.3.1.4. Aumento de la permeabilidad de la superficie del suelo | 6 |
| 3.3.1.5. La disminución de las fluctuaciones de temperaturas del suelo | 7 |
| 3.3.1.6. El acolchado protege el suelo | 7 |
| 3.3.1.7. El acolchado impide la pérdida de agua de la superficie del suelo | 8 |
| 3.3.1.8. El acolchado impide que crezcan las malas hierbas o maleza | 9 |
| 3.3.1.9. El acolchado mejora el suelo | 9 |
| 3.3.2. Desventajas | 9 |
| 3.4. Efectos del Mulching en el suelo | 10 |
| 3.4.1. Efectos físicos | 10 |
| 3.4.2. Efectos químicos | 10 |
| 3.4.3. Efectos biológicos | 11 |
| 3.5. Consideraciones al elegir un Mulching | 11 |
| 3.5.1. Características de los mulch orgánicos más utilizados | 12 |
| 3.5.1.1. Paja | 12 |
| 3.5.1.2. Corteza de árboles | 13 |
| 3.5.1.3. Acícula de pino | 13 |
| 3.5.1.4. Guano | 13 |
| 3.5.2. Problemas asociados con el manejo inapropiado del Mulching | 13 |
| 3.6. El Suelo | 14 |
| 3.6.1. Componentes del suelo | 14 |
| 3.6.2. Materia Orgánica | 15 |
| 3.6.2.1. Importancia de la Materia Orgánica en el suelo | 16 |
| 3.6.2.1.1. Características físicas | 16 |
| 3.6.2.1.2. Características químicas | 17 |
| 3.6.2.1.3. Características biológicas | 18 |
| 3.6.2.2. Fuentes de Materia Orgánica | 19 |
| 3.6.2.3. Descomposición de la Materia Orgánica | 20 |
| 3.6.2.3.1. Procesos de descomposición | 20 |
| 3.6.2.3.2. La descomposición como proceso ecosistémico | 21 |
| 3.6.2.3.3. Materia Orgánica descompuesta completamente | 21 |
| 3.6.3. Organismos del Suelo | 22 |

| | |
|---|----|
| 3.6.3.1. Consumidores primarios | 23 |
| 3.6.3.2. Consumidores secundarios | 23 |
| 3.6.3.3. Consumidores terciarios | 23 |
| 3.6.4. Composición de la población biológica del suelo | 24 |
| 3.6.4.1. Proporción de la población biológica del suelo | 24 |
| 3.6.4.2. Función de la flora y fauna del suelo | 25 |
| 3.6.5. Función de la Materia Orgánica en la calidad del suelo | 27 |
| 3.6.5.1. Efectos físicos | 27 |
| 3.6.5.2. Efectos nutricionales y químicos | 28 |
| 3.6.5.3. Otros efectos biológicos | 28 |
| 3.6.6. Beneficios de la Materia Orgánica del suelo | 29 |
| | |
| 4. METODOLOGÍA | 31 |
| 4.1. Ubicación del ensayo | 31 |
| 4.1.1. Datos climáticos | 32 |
| 4.2. Materiales | 32 |
| 4.2.1. Equipos de Laboratorio | 32 |
| 4.3. Diseño Experimental y Variables de Estudio | 32 |
| 4.3.1. Diseño Utilizado | 32 |
| 4.3.2. Variables de Estudio | 33 |
| 4.4. Metodología para el Primer Objetivo | 33 |
| 4.4.1. Ensayos de Laboratorio | 35 |
| 4.4.2. Análisis de las Características del Suelo | 35 |
| 4.4.2.1. Determinación de la Materia Orgánica | 35 |
| 4.4.2.2. Determinación de Nitrógeno Total en el Suelo | 36 |
| 4.4.2.3. Valoración del Fósforo Disponible en el Suelo | 36 |
| 4.4.2.4. Determinación de Potasio | 36 |
| 4.4.3. Implementación del Análisis del Suelo | 36 |
| 4.5. Metodología para el Segundo Objetivo | 36 |
| 4.6. Metodología para el Tercer Objetivo | 38 |
| 4.7. Metodología de para el Cuarto Objetivo | 38 |
| 4.8. Metodología para el Quinto Objetivo | 40 |
| | |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 41 |

| | |
|---|----|
| 5.1. Evaluar el nivel de Nutrientes del Suelo, antes y después de la Aplicación del Acolchado “Mulching”. | 41 |
| 5.1.1. Propiedades del Suelo | 41 |
| 5.1.1.1. Propiedades físicas de las parcelas experimentales con sus respectivos testigos sector lote 4 EA-UTPL | 41 |
| 5.1.1.2. Evaluación de las propiedades químicas de las parcelas experimentales con sus respectivos testigos sector lote 4 EA-UTPL | 43 |
| 5.1.1.2.1. Evaluación del Nitrógeno de todos los Tratamientos | 44 |
| 5.1.1.2.2. Evaluación del Fósforo Disponible de todos los Tratamientos | 45 |
| 5.1.1.2.3. Evaluación de Materia Orgánica (M.O.) | 46 |
| 5.1.1.2.4. Evaluación de Potasio | 47 |
| 5.2. Determinar el tiempo de descomposición de la Materia Orgánica, en “Acolchado” | 49 |
| 5.3. Evaluar el efecto de la Asociación de Diferentes Especies sobre el Suelo | 50 |
| 5.4. Evaluar la Producción de plantas-cultivos, sobre estos suelos | 52 |
| 5.5. Evaluar presencia y/o ausencia de organismos edáficos presentes en la M.O. | 53 |
| 6. CONCLUSIONES | 54 |
| 7. RECOMEDACIONES | 55 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA | 56 |
| 9. ANEXOS | 62 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FÍGURA | DESCRIPCIÓN | PÁG. |
|---------------|---|-------------|
| 01 | Ubicación del Área de Estudio, EA-UTPL | 31 |
| 02 | Resultados de los Análisis físico-químico del Suelo perteneciente al lote 4 EA-UTPL | 41 |
| 03 | Porcentaje del Nitrógeno Total de los diferentes Tratamientos | 44 |
| 04 | mg/kg de fósforo disponible de todos los Tratamientos | 45 |
| 05 | % de Materia Orgánica de todos los Tratamientos | 46 |
| 06 | Potasio Disponible de todos los Tratamientos | 48 |
| 07 | Tiempo de Descomposición de Materia Orgánica con respiración y sin respiración de todos los Tratamientos | 49 |
| 08 | Peso de Materia Orgánica en 1m ² de las Parcelas Experimentales | 50 |
| 09 | Análisis Bromatológico de las Especies Vegetales | 51 |
| 10 | Propiedades Químicas de las Parcelas Experimentales | 52 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| FOTOS | DESCRIPCIÓN | PÁG. |
|--------------|--|-------------|
| 01 | Muestras tomadas con barreno | 35 |
| 02 | Muestras etiquetadas y trituradas con sus respectivos tratamientos y testigos | 35 |
| 03 | Descomposición de la Materia Orgánica con Respiración | 37 |
| 04 | Descomposición de la Materia Orgánica sin Respiración | 37 |
| 05 | Medición de 1m ² dentro de las parcelas experimentales | 37 |
| 06 | Pesado y Enfundado de la M.O. de 1m ² | 37 |
| 07 | Pesado y Etiquetado de 500 gr de especies vegetales | 38 |
| 08 | Delimitación de los Tratamientos | 39 |
| 09 | Medición de los Tratamientos y Testigos (200 m ²) | 39 |
| 10 | Primera Incorporación de Especies Vegetales en la Parcelas | 39 |
| 11 | Segunda Incorporación de Materia Orgánica | 40 |

ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO | DESCRIPCIÓN | PÁG. |
|---------------|--|-------------|
| 01 | Diseño Experimental en bloques completos para suelos | 32 |
| 02 | Diseño de los Tratamientos con sus repeticiones | 33 |
| 03 | Diseño General de todos los tratamientos y testigos de las parcelas experimentales para el muestreo del Suelo | 34 |
| 04 | Textura de los Tratamientos | 42 |
| 05 | Color del Suelo de los Tratamientos y Testigos | 42 |
| 06 | Propiedades Químicas del Suelo de los Tratamientos y Testigos | 43 |
| 07 | Organismos Edáficos presentes en la MO. en el lote 4 | 53 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO | DESCRIPCIÓN | PÁG. |
|--------------|--|-------------|
| 01 | Determinación de Textura | 63 |
| 02 | Determinación de Color del Suelo (Tabla Munsell) | 63 |
| 03 | Determinación del Potencial de Hidrógeno (pH) | 64 |
| 04 | Determinación de Materia Orgánica (M.O) | 64 |
| 05 | Determinación de Nitrógeno Total | 65 |
| 06 | Determinación de Fósforo Disponible | 65 |
| 07 | Determinación de Potasio Disponible | 66 |
| 08 | Pedofauna en General | 66 |
| 09 | Triángulo Textural | 67 |

SÍMBOLOS UTILIZADOS

| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
|------------------|---|
| CETTIA | Centro de Transferencia y Tecnología e Investigación Agroindustrial |
| UCG | Unidad de Ingeniería Civil y Geológica. |
| EA-UTPL | Estación Agroecológica UTPL. |
| (Bs – MB) | Bosque seco montano bajo |
| (Mg/kg) | Miligramos por kilogramos |
| (Cmol/kg) | Céntimol por kilogramo |
| pH. | Potencial de Hidrógeno |
| MO. | Materia Orgánica |
| N | Nitrógeno |
| P | Fósforo |
| K | Potasio |

RESUMEN

La evaluación del efecto de diferentes especies vegetales en acolchado (mulching) sobre suelos arcillosos en la Estación Agroecológica U.T.P.L., se la realizó en dos etapas: La primera que fue la parte de campo y la segunda de laboratorio.

El diseño experimental que se utilizó en este estudio fue bloques completos, con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones, y un testigo.

La primera etapa consistió en la planificación, 1^{er.} corte, 2^{do.} corte, peso, y descomposición de las especies vegetales utilizadas ya sean estas solas y asociadas en el acolchado las mismas que fueron: Pedorrera (*Ageratum conyzoides*), Amor seco (*Bidens pilosa*), Holco (*Holcus lanatus*) y Hierba Morocha (*Axonopus compresso*), para lo cual se peso en 1 m² la cantidad de materia orgánica para estimar cuanto se aportaría de esta en 200 m² que son las parcelas experimentales y en 1ha de terreno.

Luego se procedió a controlar el tiempo de descomposición del Acolchado (materia orgánica) con respiración, que tuvo un tiempo de descomposición de 3 meses, y sin respiración que tuvo un lapso de 6 meses.

La segunda etapa de este proyecto fue la parte de laboratorio en la cual se analizó las propiedades físicas y químicas del suelo (textura, color, pH, MO, N, P y K) que contiene cada muestra de suelo tomada de los tratamientos y testigos de las parcelas experimentales, estos análisis se los llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio del Área de Suelos de la Unidad de Ingeniería Civil y Geológica (UCG) y del Área del Centro de Extensión y Transferencia de Tecnología Agroindustrial (CETTIA), de la UTPL.

Las metodologías empleadas para realizar los análisis físicos y químicos del suelo son: Textura (Método de Bouyoucos), Color (Tabla Munsell), pH (Método Potenciométrico), Materia Orgánica (Método de Walkley y Black), Nitrógeno (Método Kjeldhal), Fósforo (Método Olsen) y Potasio (Método Olsen).

Los resultados obtenidos en este trabajo experimental indican que con la utilización del acolchado no se mejora las propiedades físicas y químicas del suelo en comparación al estudio realizado en el año 2005, incorporando materia orgánica de *zea maíz* y *avena sativa*, debido a que en ese estudio la cantidad de biomasa fue mayor al estudio actual.

1. INTRODUCCIÓN

El acolchado o mulching es una práctica agrícola que consiste en cubrir el suelo con un material, generalmente orgánico, destinado a proteger el suelo y eventualmente a fertilizarlo. (Urbano Terrón, 1992).

Esta práctica produce múltiples efectos beneficiosos en el suelo que se pueden estudiar desde el punto de vista físico, químico y biológico (Cánovas Fernández, 1993).

La materia orgánica es esencial para la fertilidad del suelo y la buena producción agropecuaria. Los suelos sin materia orgánica son pobres y de características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas. Cualquier residuo vegetal o animal es materia orgánica, y su descomposición la transforma en materiales importantes en la composición del suelo y en la producción de plantas (Paredes, 1996).

Las plantas para crecer necesitan de nutrientes en proporciones variables para completar su ciclo de vida y para su nutrición. En las especies vegetales se han encontrado unos 50 elementos, pero sólo 16 han sido determinados como esenciales. Para que un suelo produzca adecuadamente un cultivo debe abastecer a la planta de los nutrientes en cantidad necesaria y en un balance proporcional con los otros elementos. En los ambientes naturales las plantas se adaptan a las condiciones de nutrientes y las diversas formaciones vegetales tienen que ver con la disponibilidad de los mismos. En cambio, en la agricultura moderna se deben emplear técnicas de aporte de nutrientes para garantizar buenas cosechas. Cada tipo de nutriente ejerce una función en la planta y su deficiencia es detectable, a veces a simple vista. Las cosechas extraen nutrientes del suelo en forma variable según los cultivos. Los nutrientes extraídos deben ser repuestos continuamente para evitar el empobrecimiento o la pérdida de la fertilidad del suelo. Esta reposición se realiza mediante el aporte de abonos naturales (materia orgánica), para restituir los nutrientes extraídos por las cosechas (Zavaleta, 1992).

La población rural pobre depende de la agricultura y de otras actividades relacionadas con ella para obtener su sustento (Altieri, 1998).

La agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional. Más que una tecnología de producción, la agricultura orgánica, se fundamenta principalmente en un mejor manejo del

suelo y un fomento al uso de insumos locales, con el fin de obtener un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa (Paredes, 1996).

Ante los múltiples factores negativos de la agricultura convencional, emerge la concepción de la agricultura ecológica que promueve la producción agrícola en donde se apoya en la conservación de los recursos naturales elementales de la producción de alimentos tales como el suelo, agua y biodiversidad. Estas acciones se basan en el respeto a las comunidades rurales (quienes aportan el material genético de menor contaminación, casi puro genéticamente) y a los principios éticos y humanos en la realización de estas actividades. Esta agricultura ecológica promete ser altamente productiva y a su vez sostenible en producción y conservación a largo plazo con la finalidad de poder solventar el abastecimiento de alimentos a una creciente población humana. (Altieri, Noviembre 1995).

Conociendo que la Pedorrera (*Ageratum conyzoides*), Amor seco (*Bidens pilosa*), Holco (*Holcus lanatus*), y Hierba Morocha (*Axonopus compresso*), son especies que contienen un alto contenido de macro y micro elementos, y no son tomados en cuenta por los agricultores de la población rural, que en su mayoría los confunden como cultivos no deseados o (malas hierbas) por la falta de información. Se ha propuesto utilizar estas especies vegetales, en acolchado o mulch, como una alternativa para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, y obtener buenas cosechas. Como en la EA se encuentran estas spp. se realizó la incorporación de la mismas, con la finalidad de observar que o cuáles son los efectos que van a producir en el suelo y en las plantas.

Por lo expuesto anteriormente, esta investigación se basó en los siguientes objetivos:

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Determinar el efecto de diferentes especies vegetales, (*Ageratum conyzoides*), (*Bidens pilosa*), (*Holcus lanatus*) y (*Axonopus compresso*) en Acolchado "Mulching", puro y combinado, sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el nivel de nutrientes del suelo, antes y después de la aplicación del Acolchado "Mulching".
- Determinar el tiempo de descomposición de la Materia Orgánica, en "Acolchado".
- Evaluar el efecto de la asociación de diferentes especies sobre el suelo.
- Evaluar la producción de plantas-cultivos, sobre estos suelos.
- Evaluar presencia y/o ausencia de organismos edáficos presentes en la M.O.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. USO DEL MULCHING

3.1.1. Concepto

El término *mulching* o *acolchado*, es muy amplio es una técnica muy conocida que consiste básicamente en cubrir el suelo con distintos materiales, como el compost, estiércol, pasto seco, residuos de cultivos, hojas o paja, evitando así, que el terreno quede expuesto al contacto con el aire. Un mulch puede ser de 2-7 cm de espesor o más. (Turney y Menge, 1994; Stinson *et al.*, 1990; Wolstenholme, Mooregordon y Ansermino, 1996); incluye también la utilización de materiales sintéticos en la superficie del suelo (Robinson, 1988).

3.2. TIPOS DE ACOLCHADO O MULCHING

3.2.1. Acolchado Orgánico

La mayoría de los mulch son orgánicos, basándose su elección en costo, apariencia y disponibilidad local (Skroch *et al.*, 1992). Su finalidad es prevenir la pérdida de humedad del suelo por evaporación, disminuir el desarrollo de malezas, disminuir las fluctuaciones de temperatura y promover la productividad. Sin embargo, es la conservación de la humedad del suelo y el aporte de nutrientes el principal efecto de su uso (Robinson, 1988; Stinson *et al.*, 1990).

Los materiales que se utilizan para elaborar los mulch orgánicos son variados y entre ellos se encuentran: la turba, chips de madera, corteza de pino, acícula de pino, paja, cortes de pasto, guano, restos de follaje, restos del cultivos entre otros. (Robinson, 1988; Turney y Menge, 1994).

Si bien su uso aún es limitado, cada día se difunde más debido al conocimiento de las características positivas de él. Es así como la aplicación de una cobertura vegetal a la superficie del suelo tiene el potencial de producir condiciones que son beneficiosas para el crecimiento de los cultivos, siendo al mismo tiempo dañinas para ciertos patógenos del suelo tales como *Phytophthora* spp y nematodos (Turney y Menge, 1994).

3.2.2. Acolchado Inorgánico

El acolchado inorgánico incluye varios tipos de piedras, piedra volcánica, goma pulverizada, y materiales geotextiles, entre otros. El acolchado inorgánico no se descompone rápidamente, por lo que no necesitan ser reabastecidos con frecuencia. Por otro lado, no mejoran la estructura del suelo, no añaden materia orgánica ni proveen nutrientes. Por estas razones muchos horticultores y arbolistas prefieren el acolchado orgánico.

Entre los acolchados inorgánicos podemos nombrar los plásticos, un sistema muy común en la agricultura. Gracias a ellos el terreno de cultivo queda a salvo de las inclemencias del tiempo, mantiene la humedad y se fomenta el desarrollo y conservación de la planta y sus frutos. Eso sí, no todos los plásticos valen para lo mismo: por ejemplo, los que son transparentes dejan pasar la luz, lo que aumenta la temperatura de la plantación y favorece su desarrollo. Por su parte, los de color oscuro suelen ser efectivos para impedir que prospere la maleza. (Robinson, 1988; Turney y Menge, 1994).

3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SU USO

3.3.1. Ventajas

Dentro de las ventajas del uso del mulch se encuentran: la conservación de la humedad del suelo, disminución del escurrimiento superficial y erosión, la capacidad de retención de agua, aumento de la permeabilidad de la superficie del suelo y la disminución de las fluctuaciones de temperaturas del suelo. Entre otras. (Turney y Menge, 1994).

3.3.1.1. La conservación de la humedad del suelo.

La conservación de la humedad del suelo, se logra debido a que el mulch provee de una barrera protectora en la superficie del suelo, lográndose de esta manera disminuir la evaporación desde éste y aumentar los niveles de humedad; por otro lado el efecto supresivo sobre el crecimiento de las malezas permite reducir también la pérdida de humedad por transpiración, manteniéndose la superficie del suelo más húmeda por un período de tiempo más prolongado (Turney y Menge, 1994; Robinson, 1988; Stinson *et al.*, 1990; Skroch *et al.*, 1992; Tuckey y Schoff, 1963; Foshee *et al.*, 1996).

3.3.1.2. Disminución del escurrimiento superficial y erosión.

El aumento de la tasa de infiltración es de suma importancia, cumpliendo dos funciones principales que son el aportar agua necesaria para el crecimiento de la planta y remover las sales del suelo. Sin embargo, no todos los materiales orgánicos

utilizados permiten que el agua penetre fácilmente, un ejemplo lo constituye la turba que tiende a absorber y retener el agua de riego y lluvias liberándola posteriormente al medio por evaporación. Por otro lado, si este material se seca demasiado, se hace muy difícil de rehumedecer (Robinson, 1988; Turney y Menge, 1994).

3.3.1.3. La capacidad de retención de agua.

El incremento en la capacidad de retención de agua se debe a que la materia orgánica disminuye la energía libre de ésta al ser atraída por las cargas negativas de los coloides del suelo (Honorato, 1994). De esta forma el uso del mulch permite que haya una mayor cantidad de agua disponible para las plantas en capacidad de campo y, a la vez, permite un aumento en el tamaño de poros del suelo, lo que genera una mejor utilización de sus primeros centímetros que corresponden al área más fértil y aireada. Corresponde también a la zona donde las raíces se encuentran más activas (Tuckey y Schoff, 1963; Turney y Menge, 1994; Wolstenholme y Whiley, 1995).

La capacidad de retención de agua varía significativamente de un material a otro dependiendo de las características físicas que posean. Es así como un mulch de corteza cuyas partículas que lo conforman son inferiores a 25 mm retienen más humedad que aquella cuyas partículas superan los 75 mm (Robinson, 1988).

3.3.1.4. Aumento de la permeabilidad de la superficie del suelo.

La densidad aparente del suelo se ve disminuida y la estructura y porosidad mejoradas por la adición de materia orgánica en forma de mulch, lo que se debe a una agregación de las partículas finas de arcilla las que forman partículas más grandes, del tamaño de las partículas de arena. Además, al descomponerse la materia orgánica se forman compuestos que actúan en forma cementante, uniendo partículas de suelo formando agregados estables lo que permite el movimiento de gases tales como CO₂ y O₂ en él, aumentando la fertilidad del suelo. Lo anterior es favorecido por la secreción de sustancias gelatinosas por parte de los microorganismos del suelo que permiten la formación de complejos organominerales. (Turney y Menge, 1994; Gregoriou y Rajkumar, 1984; Sakovich, 1997; Cabrera *et al.*, 1997).

El nivel de acidez del suelo se ve aumentado debido a los diferentes ácidos generados durante la descomposición de la materia orgánica (Sakovich, 1997).

3.3.1.5. *La disminución de las fluctuaciones de temperaturas del suelo.*

Otra ventaja del uso del mulch, corresponde a la disminución de las fluctuaciones de temperaturas del suelo, principalmente en los primeros 15 cm de profundidad. Esto genera un mayor crecimiento radicular, especialmente en árboles jóvenes y en áreas de veranos muy cálidos (Turney y Menge, 1994; Wolstenholme y Whiley, 1995; Foshee *et al.*, 1996).

Las temperaturas máximas de los suelos con mulch son siempre menores a los sin mulch y las temperaturas mínimas son siempre mayores generándose una estabilización de la temperatura diaria. Sin embargo, las temperaturas del suelo que se desarrollen dependen del material utilizado ya que cada mulch genera su propio régimen, siendo siempre la temperatura diurna más baja y la nocturna más alta que el suelo descubierto. Cabe destacar que existe un menor efecto del mulch sobre la variación de temperatura estacional que sobre la variación de temperatura diaria (Robinson, 1988; Tuckey y Schoff, 1963).

El uso del mulch permite una disminución del estrés de los cultivos debido a la menor temperatura alcanzada por la canopia y a la menor fotoinhibición de la fotosíntesis, por lo que el aborto prematuro de la testa y el anillado del pedúnculo de los frutos también se ve disminuido (Wolstenholme, Moore-Gordon y Cowan, 1997).

Cabe destacar que en épocas de altas temperaturas ambientales, la temperatura a nivel de follaje puede sobrepasar en 3°C la temperatura ambiental lo que ocasiona un mayor cierre estomático y transpiración. El uso del mulch permite mantener en forma más equilibrada la temperatura de canopia con la ambiental (Wolstenholme, Moore-Gordon y Cowan, 1997).

3.3.1.6. *El acolchado protege el suelo.*

Cuando llueve sobre suelo descubierto, el agua se escurre y se lleva mucho del suelo. Éste también se aprieta y forma costra cuando la lluvia es fuerte. Así, ni el aire ni el agua penetra el suelo y no puede llegar a las raíces de las plantas.



Fuente: www.gardenmosaics.org.

El agua de lluvia se escurrir por el acolchado, penetra el suelo y no se pierde. El suelo se mantiene suelto y la superficie no forma costra. El acolchado no permite que el agua lodosa salpique los cultivos y así se mantienen limpios y menos propensos a enfermarse.



Fuente: www.gardenmosaics.org.

3.3.1.7. *El acolchado impide la pérdida de agua de la superficie del suelo.*

El sol muy fuerte calienta mucho el suelo descubierto. Mucha agua de la superficie se evapora, lo que implica que hay que regar mucho más. El acolchado da sombra al suelo y lo mantiene fresco. Menos agua se evapora de la superficie.

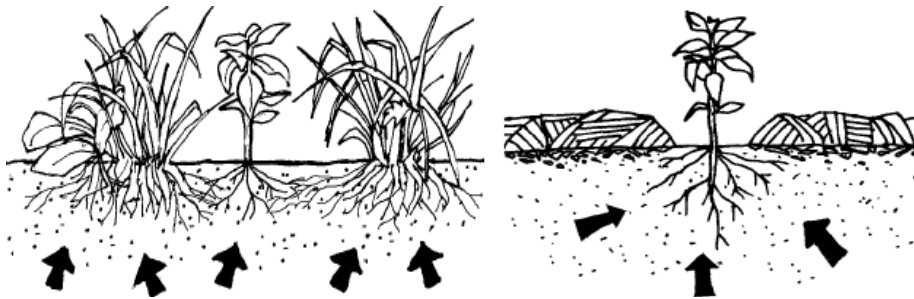




Fuente: www.gardenmosaics.org.

3.3.1.8. *El acolchado impide que crezcan las malas hierbas o maleza.*

Las malas hierbas o maleza pueden crecer en suelo descubierto. Así, hay que desyerbar mucho. El acolchado ensombrece la maleza que compite con los cultivos por nutrientes, agua y luz. Las pocas malas hierbas que quedan se pueden arrancar fácilmente.



Fuente: www.gardenmosaics.org.

3.3.1.9. *El acolchado mejora el suelo.*

Con el tiempo, el material orgánico del acolchado se descompone y da nutrientes y mantillo al suelo.



Fuente: www.gardenmosaics.org.

3.3.2. Desventajas

Si bien el uso de cobertura vegetal permite disminuir las labores requeridas para mantener las plantas, la gran cantidad de mulch que se requiere aplicar por hectárea de los diferentes materiales, su costo y su transporte siguen siendo una limitante. En aquellos países europeos que poseen ciertas limitaciones al uso de herbicidas el uso del mulch se hace prácticamente indispensable (Robinson, 1988; Wolstenholme, Moore-Gordon y Ansermino, 1996).

Otros aspectos negativos serían: el aumento de riesgo de heladas al no permitir el calentamiento del suelo; la incorporación de semillas de malezas al huerto; la posible presencia de ciertos contaminantes en el mulch como metales pesados que se pudieran llegar a acumular en los cultivos llegando a ser peligroso para el consumidor y la relación carbono-nitrógeno que presenten (Turney y Menge, 1994; Wolstenholme, Moore-Gordon y Ansermino, 1996).

3.4. EFECTOS DEL MULCHING EN EL SUELO

Debido a que provienen de materiales vegetales, se produce la descomposición, lo que tiene varios efectos positivos tanto sobre el suelo como sobre las plantas.

3.4.1. Efectos físicos

- Cuando se mezcla el mulch con la capa superior del suelo, el material mantiene más húmedo el suelo y por lo general aumenta el crecimiento de las raíces.
- Reduce significativamente la evapotranspiración, haciéndose menos frecuente los riegos.
- El mulching mejora y estabiliza la estructura del suelo, actúa como un amortiguador, reduciendo la compactación del suelo favoreciendo la retención de la humedad. (González, F. *et al.* 2002).

3.4.2. Efectos químicos

- El mulching en los climas tropicales se descompone en dos o tres meses, liberando pequeñas cantidades de nutrientes que pueden ser utilizadas por las plantas. En climas templados la descomposición demora de 3 a 5 meses.

- Puede producirse una deficiencia de nitrógeno en las plantas que tienen mulch, debido a que los microorganismos que están descomponiendo el material orgánico toman cantidades apreciables de nitrógeno del suelo. Para evitar esto, debe aplicarse un abono líquido a la planta como suplemento de nitrógeno, pudiendo utilizarse biol, té de estiércol, purín, etc. (González, F. *et al.* 2002).

3.4.3. *Efectos biológicos*

- El mulch orgánico sirve como alimento para muchos microorganismos que se encuentran en el suelo. Ayuda también a mantener una temperatura constante para garantizar la actividad de los microorganismos.
- En ocasiones, con el mulch pueden introducirse al suelo organismos no deseados, como hongos, bacterias y nemátodos. Al revolver el mulch se puede eliminar el moho y la ovipostura de las plagas. Por otra parte, si bien puede usarse el mulch inmediatamente después de la siembra (pues ayuda a reducir la erosión de las camas, ocasionado por lluvias fuertes, hasta que las plantas produzcan suficiente cobertura viva sobre el suelo), es importante que durante la época lluviosa se retire el mulch de las plantas para evitar el ataque de enfermedades y plagas.
- Si se utiliza heno o paja para el mulch, es posible que semillas de malezas también se introduzcan al huerto. Esto puede evitarse si se utiliza solamente la parte intermedia de las plantas como material para el mulch. Las flores y las raíces deben ser convertidas primero en compost para poder ser utilizadas.
(González, F. *et al.* 2002).

3.5. **CONSIDERACIONES AL ELEGIR UN MULCHING**

Existen numerosos materiales que pueden ser aplicados como cobertura, sin embargo, para obtener los resultados esperados es de suma importancia que se encuentren previamente compostados (New era farm service, 1997).

El compost corresponde a una sustancia microbially rica que logra activar los procesos biológicos del suelo. Se origina a partir de un proceso dinámico de digestión de la materia orgánica con la posterior formación de humus estable que contiene una cantidad considerable de elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Dicho humus permite la sobrevivencia de los microorganismos a condiciones de temperaturas y humedad extremas, la acción de ciertas bacterias y actinomicetes de llevar a cabo sus efectos antibióticos y la benéfica asociación de raíces con micorrizas.

Por otro lado, su capacidad absorbente es cinco veces mayor que la de las partículas minerales de suelo (New era farm service, 1997).

Si bien los materiales frescos aplicados al suelo también sufren un proceso de descomposición, esta es más lenta y no garantiza la formación de humus como producto terminal. Sumado a lo anterior, durante el proceso de degradación las temperaturas se elevan llegando a 70°C y numerosos compuestos tóxicos son liberados. Es así como puede existir un aumento de los niveles de salinidad, nitratos y agua. Algunos materiales pueden también contener residuos de pesticidas que pueden ser dañinos para el cultivo (New era farm service, 1997).

Otro aspecto a considerar es la relación carbono-nitrógeno del material ya que si ésta es alta se genera una disminución inicial de la nitrificación, existiendo insuficiente nitrógeno para soportar el aumento de microorganismos lo que obligaría aumentar la fertilización nitrogenada.

La elección de la cobertura vegetal a utilizar no sólo debe basarse en su costo, disponibilidad y capacidad de favorecer el crecimiento de la planta sino también en su durabilidad y estética visual, puesto que al ser utilizado en superficies grandes ya sea para disminuir la compactación de suelo u otro motivo, comprometen una gran superficie del huerto (Skroch, 1992). Por esta razón, la corteza y chips de madera son preferidos al mimetizarse con el medio (Robinson, 1988).

El peso del material como su velocidad de descomposición son aspectos importantes de considerar debido a que si sus partículas son muy livianas, puede verse afectado por la presión de lluvia o viento, pudiendo volarse en zonas más ventosas. En relación a la velocidad de descomposición que presenten, esta debe ser lenta ya que la principal

finalidad del mulching es cubrir el suelo y actuar como fertilizante orgánico (Stinson *et al.*, 1990; Wolstenholme, Moore-Gordon y Ansermino, 1996).

3.5.1. Características de los mulch orgánicos más utilizados

3.5.1.1. Paja

El uso del mulch de paja permite crear un excelente medio para el crecimiento de raíces alimenticias (Coffey, 1984). Esto se debe al mejoramiento de la capacidad de infiltración de agua. Dicho mejoramiento se logra al disminuir la compactación del suelo y al aumentar la actividad biótica, además de la acción protectora frente al impacto de la lluvia en el suelo (Robinson, 1988).

3.5.1.2. Corteza de árboles

La corteza de árboles compostada también es ampliamente utilizada ya que al igual que la corteza de pino ejerce un efecto supresivo sobre nemátodos parásitos de las plantas y patógenos del suelo como son *Rhizoctonia solani* Kühn, *Sclerotium rolfii* Saac y *Phytophthora cinnamomi* Rands (Spencer, 1982; Kokalis y Rodríguez, 1994).

3.5.1.3. Acícula de pino

Las hojas de encina y las acículas de pino son otros materiales utilizados. Estos tienden a bajar el pH del suelo pudiendo llegar a valores de 4 o menores que puede dañar a las plantas y sus raíces; por el contrario, la corteza tiende a elevar el pH del suelo (Stinson *et al.*, 1990).

Según CID (1993) la acícula de pino es un sustrato suelto que permite una excelente aireación del suelo, lo que favorece el desarrollo radicular en él.

3.5.1.4. Guano

El guano corresponde a otro elemento ampliamente utilizado para ser aplicado como mulch. Posee la ventaja de presentar una descomposición lenta lo que origina una entrega constante y gradual de nutrientes, lo que reduce la lixiviación de nutrientes y la contaminación de las aguas subterráneas (Benya Acov, 1995).

3.5.2. Problemas asociados con el manejo inapropiado del mulching

- El mulching muy profundo puede ocasionar exceso de humedad en la zona de las raíces, lo que puede estresar a la planta y causar pudrición las raíces.
- Apilar el mulching alrededor del tronco o ramas de las plantas puede estresar al tejido y propiciar enfermedades y problemas con insectos.
- Algunos tipos de mulching, especialmente los que contienen césped cortado, pueden afectar el pH del suelo. El uso continuo de ciertos tipos de mulch durante períodos largos puede propiciar deficiencias de micronutrientes y toxicidades.
- El mulching apilado contra el tronco de árboles jóvenes puede crear un hábitat para roedores que muerden la corteza y estrangulan al árbol.
- Las capas muy gruesas de mulching de textura fina pueden convertirse en una manta que podría impedir que el agua y el aire penetren. Además, puede convertirse en suelo que acumula agua y promover el crecimiento de hierbas.
- El mulching anaeróbico “agri” podría generar olores fuertes, y el alcohol y los ácidos orgánicos generados podrían ser tóxicos para las plantas jóvenes.

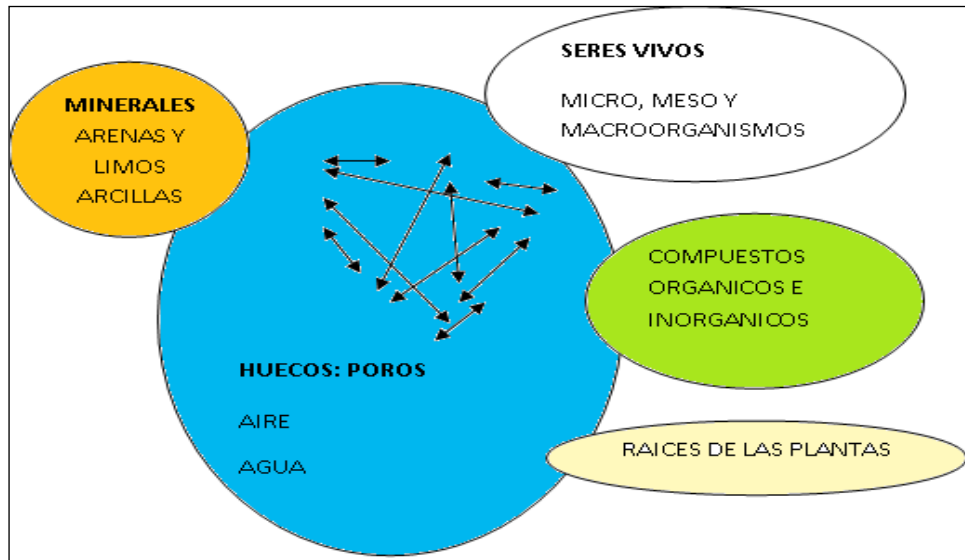
(González, 2004).

3.6. EL SUELO

Se define como la capa superficial de la corteza terrestre, formada por distintos elementos, que le proporciona a las plantas sostén, almacenamiento de nutrientes, agua, aire y microorganismos, lo que permite el desarrollo normal de las plantas.

Los *suelos* constan de cuatro grandes componentes: *materia orgánica* (45 %), *agua* (25 %), *aire* (25 %) y *materia mineral* (5 %). (Fuentes, J. 1999).

3.6.1. Componentes del Suelo

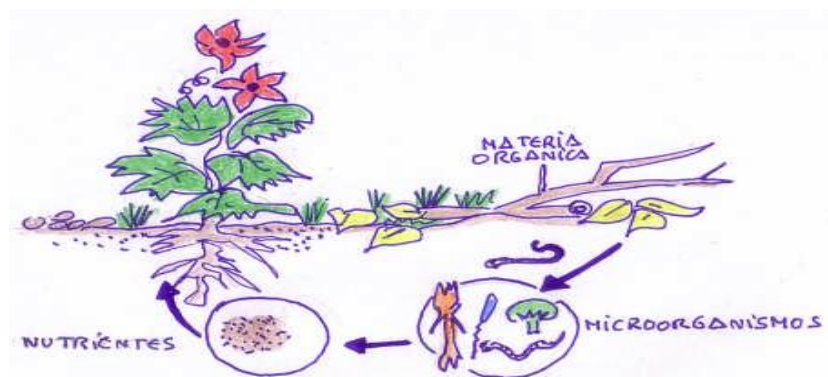


(Garrido, 2008).

3.6.2. Materia Orgánica

La materia orgánica de los suelos es una mezcla heterogénea de residuos vegetales, animales y microbianos en vías de descomposición y materias húmicas polimerizadas. Por convención, la definición "materia orgánica del suelo", no incluye material vegetal grueso, (raíces de más de 2 cm de diámetro), ni vertebrados del suelo. (Varnero, 2007).

Esta descomposición la realizan los microorganismos del suelo, seres vivos indispensables como bacterias, protozoos, hongos, anélidos, etc. (Varnero, 2007).



(Varnero, 2007).

El principal aporte de residuos orgánicos frescos al sistema suelo, corresponde a los productos originados en el proceso fotosintético, cuando vuelven al suelo donde son biodegradados. Estas sustancias en vías de descomposición no entran en la clasificación "humus - biomasa" y su nivel varía de acuerdo con la estación anual, el tipo de cobertura vegetal y el manejo de los suelos. Además, se debe considerar los aportes que provienen de los desechos animales, microbianos y la incorporación de diversos abonos orgánicos previamente bioprocesados, por ejemplo, compost, bioabono, etc. (Varnero, 2007).

La composición de estos residuos orgánicos comprende, además de los componentes orgánicos, agua y minerales. El contenido de agua varía entre 20 y 90 % del peso fresco del residuo, dependiendo de la edad y órgano de la planta (hojas, raíces). Los minerales presentes como K, Ca, Mg, P, S etc. y elementos trazas, que se determinan en las cenizas son del orden de 1 a 10 % del peso seco. (Varnero, 2007).

Los componentes orgánicos o macromoléculas orgánicas de estos residuos son variados y constituyen aproximadamente un 50 % del peso fresco, dependiendo del contenido de agua y cenizas. Se distinguen tres grupos principales: (Varnero, 2007).

- a) **Carbohidratos:** como azúcares, almidón, (contenido celular); pectina, celulosa y hemicelulosa (pared celular). Se presentan en un 50 % de la materia orgánica seca.
- b) **Compuestos nitrogenados:** proteínas simples y complejas, aminoácidos, Ácidos nucleicos, etc. (contenido celular). Corresponden a menos del 20 % de la materia seca.
- c) **Lignina:** fracción orgánica bio-resistente, presente entre un 10 a 40 %. Además, un 10 % de otras fracciones como grasas, ceras, resinas, etc.

La composición promedio de la materia orgánica seca es: C: 47 %; O: 44 %; H: 7 %; N: 2 %. (Varnero, 2007).

3.6.2.1. Importancia de la Materia Orgánica en el Suelo

La materia orgánica tiene funciones muy importantes en el suelo y en general, en el desarrollo de una agricultura acorde con las necesidades de preservar el medio ambiente y a la vez, más productiva. Para ello es necesario partir del conocimiento de los procesos que tienen lugar en el suelo (ciclos de nutrientes) y de la actividad

biológica del mismo, con el fin de establecer un control de la nutrición, del riego y del lavado de elementos potencialmente contaminantes. A modo indicativo, se citan a continuación los efectos de la materia orgánica sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo. (González, F. *et al.* 2002).

3.6.2.1.1. Características físicas.

La materia orgánica disminuye la densidad aparente del suelo (por tener una menor densidad que la materia mineral), contribuye a la estabilidad de los agregados, mejora la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua. (González, F. *et al.* 2002).

La materia orgánica viva de origen vegetal se caracteriza por una estructura celular abierta. Las partículas de cortezas o corcho o las fibras vegetales tienen células en su interior que contribuyen a aumentar la porosidad del suelo (porcentaje de poros), es decir, aumenta el número de poros que son capaces de retener agua o aire sin aumentar el volumen total de suelo. Los espacios vacíos que se forman en la interfase entre las partículas orgánicas y minerales pueden contribuir al aumento de la conductividad hidráulica del suelo. Debido al efecto físico del tamaño de las partículas, la materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos y aumenta la capacidad de aireación de suelos arcillosos. Tolera mejor los efectos mecánicos del paso de maquinaria por tener una mayor elasticidad que la materia mineral. Al cohesionar los suelos arenosos contribuye a reducir las pérdidas de suelo por erosión superficial. (González, F. *et al.* 2002).

En todos los suelos en general favorece la estructura agregada que limita el arrastre de partículas de suelo, canalizando a la vez el paso del agua a través del mismo. Además, los residuos orgánicos fácilmente descomponibles dan lugar a la síntesis de compuestos orgánicos complejos que actúan ligando las partículas del suelo favoreciendo la formación de agregados, lo que repercute en una mejora de la aireación y de la retención de agua. La materia orgánica tiene también efectos importantes sobre la temperatura del suelo. La materia orgánica tiene una conductividad térmica más baja que la materia mineral, mientras que las diferencias en la capacidad calorífica son bajas porque dependen del contenido de humedad. Al tener una conductividad térmica baja, la materia orgánica mantiene las temperaturas constantes en el tiempo, reduciéndose las oscilaciones

térmicas. Al tener un color más oscuro que el suelo mineral disminuye la radiación reflejada, calentándose más. (González, F. *et al.* 2002).

3.6.2.1.2. Características químicas.

La materia orgánica tiene un papel importante en la mejora de la disponibilidad de micronutrientes (principalmente hierro, manganeso, zinc y cobre) para las plantas así como en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres. Muchos metales que precipitarían en suelos en condiciones normales, se encuentran mantenidos en la solución del suelo en forma quelatada. Es probable que estos micronutrientes sean transportados hacia las raíces de las plantas en forma de quelatos complejos solubles. (González, F. *et al.* 2002).

La materia orgánica mejora la nutrición en fósforo, es posible que a través de favorecer el desarrollo de microorganismos que actúan sobre los fosfatos. Es posible que la formación de complejos arcillo-húmicos o la quelatación contribuyan a solubilizar los fosfatos inorgánicos insolubles. Parece que las sustancias húmicas aumentan la liberación de potasio fijado a las arcillas. (González, F. *et al.* 2002).

La mayor parte del nitrógeno almacenado en el suelo se encuentra en forma orgánica, por lo tanto, la disponibilidad de materia orgánica influye directamente en la disponibilidad de nitrógeno. (González, F. *et al.* 2002).

La materia orgánica contiene un número elevado de grupos funcionales (carboxílicos, hidroxílicos, aminoácidos, amidas, cetonas y aldehídos). Entre ellos, son los grupos carboxílicos los que contribuyen en mayor grado a la adsorción de moléculas de agua en forma de puentes de hidrógeno o enlaces coordinados. Los grupos funcionales de la materia orgánica proporcionan capacidad de intercambio catiónico, contribuyendo por tanto a aumentarla en suelos con bajo contenido en arcilla. También proporcionan una mayor capacidad tampón, lo que afectará a la cantidad de enmienda a utilizar si se desea subir el pH (mayor cantidad de enmienda a mayor capacidad tampón). La materia orgánica suele acidificar el medio, favoreciendo así indirectamente la absorción de nutrientes por las plantas. (González, F. *et al.* 2002).

3.6.2.1.3. Características biológicas.

La materia orgánica sirve de fuente de energía para los microorganismos del suelo. Favorece la presencia de lombrices que contribuyen a estructurar el suelo. (González, F. *et al.* 2002).

Algunos materiales orgánicos presentan actividad supresora frente a hongos y se utilizan para combatir hongos patógenos. La supresión puede ser biótica o abiótica y puede deberse a diversos factores, entre ellos, factores físicos relacionados con la disponibilidad de oxígeno y el drenaje, un pH inadecuado al desarrollo de los microorganismos patógenos, presencia o ausencia de elementos como el nitrógeno, etc. (González, F. *et al.* 2002).

La materia orgánica puede proporcionar actividad enzimática. Parece que existen enzimas activas adsorbidas al humus o a las partículas de arcilla no ligadas a las fracciones vivas. Una de las más abundantes es la ureasa. En general las enzimas contribuyen a hidrolizar moléculas de cadena larga, haciendo disponibles para las plantas algunos elementos resultantes de la hidrólisis. (González, F. *et al.* 2002).

Algunos productos derivados de la descomposición de la materia orgánica, como los derivados fenólicos, afectan al balance hormonal inhibiendo o favoreciendo la actividad de las hormonas vegetales. Algunos materiales como las cortezas, contienen sustancias que inhiben el crecimiento y que se eliminan generalmente mediante el compostaje. Existen también algunas hormonas ligadas a la materia orgánica, como las auxinas, o el etileno que se libera en condiciones reductoras (por ejemplo, por exceso de agua). La materia orgánica puede adsorber reguladores de crecimiento que se pueden añadir de forma externa. También tiene un papel importante en la absorción de pesticidas aplicados al suelo. (González, F. *et al.* 2002).

La materia orgánica puede servir de vehículo de diversos microorganismos de interés. Entre ellos, los inóculos de *Rhizobium*, *Azotobacter*, de hongos vesículo-arbusculares, ectomicorrizas y agentes de control biológicos (tipo *Trichoderma*). (González, F. *et al.* 2002).

3.6.2.2. Fuentes de M.O.

Según (Brechelt, 2008).

- *Residuos actividad ganadera:*
Estiércoles, orines, pelos, plumas, huesos, etc.
- *Residuos actividad agrícola:*
Restos de cultivos, podas de árboles y arbustos, malezas, etc.
- *Residuos actividad forestal:*
Aserrín, hojas, ramas y ceniza;
- *Residuos actividad industrial:*
Pulpa de café, bagazo de la caña de azúcar etc.
- *Residuos actividad urbana:*
Basura doméstica, aguas residuales y materias fecales.
- *Abonos orgánicos preparados:*
Compost, estiércol, bocaschi, humus de lombrices, mulching, abono verde, etc.

3.6.2.3. Descomposición de la Materia Orgánica

El término *descomposición*, se emplea de forma general para referirse a la destrucción (desintegración) de materiales orgánicos de origen animal, microbiano o vegetal (Mason, 1976). Este proceso de desintegración engloba a su vez dos subprocesos simultáneos: por un lado la fragmentación de partículas de un tamaño mayor en otras cada vez menores, hasta que los componentes estructurales (incluidos los celulares) no son ya reconocibles y por otro lado el catabolismo de los compuestos orgánicos (Satchell, 1974). De forma general se asume que las moléculas orgánicas complejas de gran tamaño son degradadas por procesos hidrolíticos bióticos y abióticos en compuestos de bajo peso molecular, y que, posteriormente, se produce una oxidación de estos compuestos orgánicos hasta obtener los compuestos inorgánicos simples que los constituyen (CO_2 , H_2S , NH_4^+ , PO_4^{3-} , H_2O) que es lo que se conoce como mineralización (Wetzel y Likens, 1991). A la vez, en este proceso catabólico parte de los

materiales orgánicos son incorporados como biomasa en distintos organismos detritívoros (Maltby, 1996).

3.6.2.3.1. Procesos de descomposición:

Según (Brechelt, 2008).

- *Materia Orgánica*
Residuos orgánicos.
- *Humificación*
Conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que transforman la materia orgánica en humus.
- *Humus*
Es el estado más avanzado en la descomposición. Es un compuesto coloidal de naturaleza ligno-proteico; es responsable de mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos.
- *Proceso de Mineralización*
Consiste en la transformación del humus en compuestos solubles asimilables por las plantas. Es un proceso lento (1 año) y sólo se realiza en condiciones favorables y por organismos altamente especializados.

3.6.2.3.2. La descomposición como proceso ecosistémico

La descomposición constituye un proceso ecosistémico de importancia comparable a la producción primaria (Moorhead *et al*, 1996). De hecho, un ecosistema necesita básicamente sólo productores y descomponedores para existir indefinidamente (Brock, 1984). Así, la descomposición completa los ciclos biogeoquímicos iniciados por los procesos fotosintéticos o quimiosintéticos. (Azam y Cho, 1987).

3.6.2.3.3. Materia orgánica descompuesta completamente

La fracción de materia orgánica del suelo descompuesta completamente, y la relativamente estable, por lo general reciben el nombre de *humus*. El humus está fuertemente ligado con las fracciones de arcilla y limo y permanece en el suelo por largos períodos de tiempo, con una presencia media del orden de los cientos o miles de años. La materia orgánica asociada con partículas minerales del tamaño del limo parece ser más estable cuando se asocia con arcillas (Christensen, 1992).

El humus del suelo se descompone de manera bastante lenta, con una descomposición de alrededor del 2 % al 5 % anual. El humus contiene la mayor parte de la capacidad de intercambio catiónico de la materia orgánica (cargas negativas que permiten la retención de ciertos nutrientes como el calcio, el magnesio y el potasio).

Aunque mucha de la materia orgánica que se descompone durante el año puede ser relativamente fresca, cierta materia orgánica que es relativamente estable puede transformarse en formas aprovechables mediante ciclos de secado, rehumidificación, congelamiento y deshielo (Bartlett 1981, Bartlett y James 1980, Birch 1958, Mack 1963, Soulides y Allison, 1961). Al parecer las duras condiciones impuestas sobre las moléculas orgánicas rompen los enlaces, ya sea, con las partículas de limo y arcilla o dentro de las moléculas mismas, solubilizando cantidades importantes de materia orgánica, con lo que se permite el fácil acceso de los organismos a las moléculas liberadas.

3.6.3. Organismos del suelo

La materia orgánica viva del suelo se compone de un variado grupo de organismos. Estos organismos incluyen virus microscópicos, bacterias, hongos y protozoos, artrópodos de tamaño pequeño y mediano, lombrices, etc. Por lo general, a medida que aumenta el tamaño de los organismos, disminuye la densidad de la población. Por ejemplo, existen alrededor de 1.014 bacterias, 109 hongos, 107 nemátodos y 102 lombrices por m² (Smil, 1991).

Es cierto que en los suelos hay enfermedades que causan la aparición de bacterias y hongos como también de insectos y nemátodos parásitos. Sin embargo, la enorme cantidad de grupos de organismos del suelo se alimentan de los cultivos, de residuos orgánicos o de otros organismos del suelo y no causan problemas a las plantas. De hecho, sus actividades que ayudan a reciclar los nutrientes, a mantener baja las

poblaciones de plagas, a producir sustancias que ayudan a la formación de agregados del suelo y a producir sustancias húmicas, hacen que una gran mayoría de estos organismos sean importantes para la calidad del suelo.

Todos los organismos necesitan acceder a una gama de elementos en forma asequible, como también a la energía. Las plantas verdes obtienen su energía de los rayos del sol mediante el proceso de fotosíntesis, su carbono (la columna vertebral de todas las moléculas orgánicas) del dióxido de carbono que se encuentra en la atmósfera, también el oxígeno, necesario para respirar (para recuperar y utilizar la energía almacenada en sus moléculas orgánicas) lo obtienen de la atmósfera, y el resto de sus nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Cu, Mo, Cl, Zn, Co) así como también el agua (H₂O) los obtienen del suelo. Casi todos los organismos que viven bajo tierra, obtienen la energía para su subsistencia y reproducción, de la energía solar almacenada previamente en los tejidos de las plantas verdes. Aunque los organismos también emanan elementos individuales (tales como N, K, Mg) para su uso, la necesidad de obtener energía hace que ellos desintegren por completo las moléculas orgánicas. (Smil, 1991).

Los organismos ocupan diferentes posiciones dentro de la cadena alimenticia. El concepto cadena alimenticia dice que los organismos dentro de un ecosistema en particular están relacionados con una fuente de alimento más baja y entre sí a través de su(s) fuente(s) alimenticia(s). (Smil, 2007).

3.6.3.1. Consumidores primarios

Son aquellos organismos del suelo que son los primeros en utilizar a los cultivos y otros residuos como materiales energéticos. Muchos hongos son los primeros colonizadores de los restos de las plantas y sirven para suavizarlos y hacerlos más disponibles para ser usados por otros organismos. También muchas bacterias son consumidores primarios, además de las cochinillas de la humedad, los nemátodos y las larvas de las moscas, etc. También algunas lombrices son consumidores primarios y la acción de sus sistemas digestivos sirven para macerar y mezclar los residuos con las bacterias en sus aparatos digestivos, de tal manera que sus desechos están disponibles para que otros organismos hagan uso de ellos. Los roles de las lombrices de tierra son importantes porque ayudan a la filtración del agua en los suelos, durante tormentas de lluvias intensas. (Paul y Clark, 1989).

3.6.3.2 .Consumidores secundarios

Son aquellos organismos que se alimentan de los consumidores primarios. Los protozoos y los nemátodos son dos depredadores de bacterias y hongos. Las tasas de consumo de bacterias por los nemátodos pueden ser extremadamente altas; (se han informado consumos de 5.000 células por minuto) y se estima que alrededor del 50 % de la producción anual de hongos y bacterias son consumidos cuando se alimentan los consumidores secundarios (Paul y Clark, 1989).

La presencia de poblaciones activas de depredadores de hongos y bacterias pueden ayudar a mantener poblaciones más diversas de estos organismos en el suelo. Los protozoos y nemátodos contribuyen significativamente al ciclo del nitrógeno, puesto que al alimentarse de bacterias, el exceso de nitrógeno se convierte en amonio y es excretado a la solución del suelo. Otros consumidores secundarios incluyen los tisanuros (collembolas), ácaros y algunos escarabajos. (Habte y Alexander, 1978).

3.6.3.3. Consumidores terciarios

Incluyen escarabajos del suelo, pseudoescorpiones, ciempies y hormigas. Esta fauna se alimenta fundamentalmente de otros organismos del suelo. Debido a su gran tamaño y a la capacidad de excavación algunos centípedos y hormigas pueden ayudar a mezclar y soltar el suelo (como lo hacen las termitas, un consumidor primario constructor de montículos). Aunque estas actividades por lo general ayudan a mejorar la estructura del suelo, ninguno de estos organismos mezcla los residuos orgánicos con las materias del suelo como las lombrices de tierra. Las raíces de las plantas son también un aspecto importante en la vida dentro del suelo. Los productos que se obtienen a partir de la fotosíntesis arriba del suelo se trasladan a las raíces para su propio metabolismo. Gran parte del CO₂ generado en el suelo proviene de la respiración de las células de las raíces o de la respiración de organismos del suelo que obtienen la mayoría de su energía a partir de productos elaborados fotosintéticamente y luego trasladados a las raíces. El mucílago gelatinoso que rodea las raíces jóvenes brinda un lugar ideal para que los organismos del suelo y las partículas de arcilla se aproximen a las raíces. Además del mucílago, que se desprende de las células de las raíces y la gran cantidad de compuestos exudados por estas últimas, hace que la zona

de la rizósfera sea particularmente rica en organismos del suelo. Generalmente, la rizósfera contiene de 10 a 50 veces la cantidad de organismos, que se han descubierto en el suelo a cierta distancia de las raíces (Paul y Clark, 1989).

3.6.4. Composición de la población biológica del suelo.

Según (Brechelt, 2008).

▣ Fauna:

- Macrofauna (tamaño mayor de 10.4 mm): Roedores, lombrices, etc.
- Mesofauna (de 0.6-10.4 mm): Insectos, Arañas, etc.
- Microfauna (menos de 0.60 mm): Nemátodos, protozoos, etc.

▣ Flora:

- Macroflora: Plantas superiores.
- Microflora: Bacterias, hongos, actinomicetos, algas.

3.6.4.1. Proporción de la población biológica del suelo.

Según (Brechelt, 2008).

- **Fauna 20 %**
 - (Lombrices 12 %, Macrofauna 5 %, Mesofauna y Microfauna 3 %).
- **Flora 80 %**
 - (Hongos y algas 40 %, Bacterias y actinomicetos 40 %)

3.6.4.2. Función de la Flora y Fauna del suelo.

Según (Brechelt, 2008).

- **Bacterias**

Es el grupo más importante, sus funciones son:

 - Descomposición de la materia orgánica, p.ej. en el compost específicamente en la fase termofílica;
 - Fijación de nitrógeno en forma simbiótica (*Rhizobium ssp.*) y en forma libre (*Azotobacter ssp.*, *Azospirillum ssp.* etc.);

- Nitrificación (*Nitrosomas ssp.* Y *Nitrobacter ssp.*).

- **Hongos**

Existen en gran cantidad en el suelo, sus funciones son:

- Descomposición de la materia orgánica, incluyendo algunos tipos que no pueden ser atacados por las bacterias;
- Participación en la síntesis de húmus;
- Solubilización de minerales a partir de rocas o minerales;
- Asociación con raíces de plantas en forma de una micorriza para facilitar la asimilación de nutrientes en suelos muy pobres;
- Control de algunas enfermedades y plagas.

- **Algas**

Son vegetales microscópicos que forman conglomerados visibles. Para su desarrollo necesitan agua, luz y minerales y participan en:

- Fijación de nitrógeno (algunos especies);
- Participación en el proceso de formación del suelo.

- **Actinomicetos**

Son hongos incompletos con las funciones siguientes:

- Descomposición de sustancias resistentes;
- Participación en la producción de humus;
- Producción de antibióticos para mantener el equilibrio entre los microorganismos.

- **Lombrices de la tierra**

Son los animales más comunes en los suelos y cumplen con las siguientes funciones:

- Mejoramiento de la aireación, infiltración y distribución del agua;
- Mezcla de las fracciones orgánicas con las minerales;
- Producción de un compuesto que mejora la estructura edáfica y la formación de compuestos húmicos.

- **Lombricillas o Enquitreidos**
Existen especies predadoras.
 - Ayudan a controlar nemátodos.
- **Coleópteros**
 - Si son predadores ayudan a controlar moscas, babosas y caracoles.
- **Ácaros o Arañitas**
 - Trituradores y predadores de importancia.
- **Nemátodos**
Animales microscópicos, que necesitan alimentarse de tejidos vivos por obligación.
 - Controlan hongos, bacterias y protozoos. Una gran cantidad de ellos son fitoparásitos.
- **Protozoos**
 - Como se alimentan de las bacterias ayudan a regular la población de estas. Necesitan agua para moverse y vivir.

3.6.5. Función de la materia orgánica en la calidad del suelo

Aunque la materia orgánica es sólo un pequeño porcentaje del peso de la mayoría de los suelos (generalmente de 1 % al 6 %), la cantidad y el tipo de materia orgánica influye en casi todas las propiedades que contribuyen a la calidad del suelo. La cantidad y calidad de la materia orgánica puede cambiar las propiedades del suelo, cuando la estructura y disponibilidad de los nutrientes mejora y existe más diversidad biológica en suelos con un buen manejo de la materia orgánica. En algunos casos la materia orgánica modifica los efectos de ciertas propiedades del suelo. Los diversos efectos de la materia orgánica pueden agruparse bajo las influencias ejercidas en las propiedades físicas, químicas, nutricionales y biológicas del suelo. (Hargrove y Thomas, 1981).

3.6.5.1. Efectos físicos

La unión de las partículas de arena, limo y arcilla conformando agregados estables, ayuda a mantener un buen mullido (condiciones físicas del suelo para el crecimiento de las plantas). Los polisacáridos producidos durante la descomposición de residuos orgánicos más la hifa fungal estimulan el desarrollo de estos agregados estables del suelo. Un suelo que tiene gran cantidad de materia orgánica tendrá una mejor agregación y tenderá a ser menos denso, permitiendo un mejor desarrollo y penetración de las raíces, que ante una situación de disminución de materia orgánica. Además, el suelo tendrá tasas superiores de infiltración debido a una estructura superficial más estable, siendo capaz de resistir la fuerza dispersiva del impacto de las gotas de lluvia.

Las actividades de organismos más grandes que viven en el suelo, tales como lombrices y hormigas, también ayudarán a mejorar la infiltración de agua. El suelo estará menos propenso a la erosión si existe una mayor infiltración de agua en vez de un escurrimiento superficial.

Los suelos arenosos con niveles más altos de materia orgánica tienen una mayor cantidad de pequeños poros para almacenar el agua disponible para las plantas y son menos propensos a la sequía. Por otro lado, los suelos más arcillosos tienen un mejor drenaje interno, cuando existan grandes cantidades de materia orgánica que cuando las cantidades son menores. (Hargrove y Thomas, 1981).

3.6.5.2. Efectos nutricionales y químicos

La materia orgánica es una fuente de nutrientes. Los organismos la descomponen y transforman las formas orgánicas de los elementos en formas que sirven a las plantas. Además, por ser la principal fuente de capacidad de intercambio catiónico (CIC), la materia orgánica ayuda a «almacenar» los nutrientes disponibles, y los protege de la lixiviación que produce el agua. Las moléculas orgánicas ayudan a quelar un gran número de micronutrientes, tales como el Zinc (Zn) y el Hierro (Fe), además los protege para evitar que sean convertidos en formas menos disponibles para las plantas. En muchos suelos la materia orgánica, debido a su naturaleza ácida débil, tiene un efecto de amortiguación frente a cambios en el pH (Magdoff y Bartlett, 1985). Esto también puede ayudar a proteger las plantas de los efectos nocivos de sustancias químicas, como por ejemplo la toxicidad por aluminio (Hargrove y Thomas, 1981).

3.6.5.3. Otros efectos biológicos

Los materiales húmicos en la materia orgánica estimulan el crecimiento de las raíces y del cultivo (Lee y Bartlett 1976, Chen y Aviad, 1990). Aunque no está claro lo que produce estos efectos, al parecer no es una influencia nutricional directa.

La importancia de la diversidad biológica en los suelos se ha subrayado anteriormente. Un suelo con alto contenido de materia orgánica, originada en distintas fuentes y en el que se han practicado buenas rotaciones tenderá a tener una comunidad más diversa de organismos y de este modo, brindará un medio ambiente biológico más adecuado para el crecimiento de las plantas que un suelo con menor cantidad de materia orgánica. En general, la biomasa total de los organismos del suelo también será mayor en un suelo rico en materia orgánica que en un suelo que contenga menos.

Debido a los efectos físicos, nutricionales y químicos discutidos anteriormente, las plantas que crecen en suelos ricos en materia orgánica tenderán a ser más sanas y menos susceptibles al daño de las plagas que aquellas que crecen en suelos con disminución parcial de materia orgánica. Además, la presencia de diversas poblaciones de organismos cuando la materia orgánica del suelo es abundante ayuda a asegurar un ambiente de plagas menos hostil para las plantas de cultivo. Las numerosas influencias físicas, químicas, nutricionales y biológicas se combinan para dar a la materia orgánica una influencia abrumadora sobre la calidad del suelo. (Lee y Bartlett, 1976).

3.6.6. Beneficios de la Materia Orgánica del suelo

Según (Jackson, 1993).

▣ **Ecosistema**

- Retiene carbono, reduciendo el efecto invernadero.
- Regula el ciclaje de agua y de gases atmosféricos.
- Sirve de hábitat, fuente de energía y nutrientes para una enorme variedad de organismos.

▣ **Estructura y propiedades físicas del suelo**

- En suelos arcillosos, la MO incrementa la aireación, permite un mejor desarrollo de las raíces y facilita la labranza.
- Aumenta la infiltración y la capacidad de retención de agua. Lo primero es especialmente importante en suelos arcillosos, lo segundo en suelos arenosos.
- La estabilización de los agregados del suelo previene la erosión, el sellado superficial y la compactación.
- El color oscuro de la MO absorbe la radiación solar y acelera el calentamiento del suelo.

▣ *Química del suelo y crecimiento vegetal*

- La MO constituye una reserva de nutrientes, sobre todo de N, P, S y Mo.
- Aumenta la capacidad de intercambio de cationes.
- Al aumentar la capacidad tapón, regula el pH.
- Forma complejos con aluminio y manganeso en suelos ácidos, reduciendo la toxicidad de estos elementos.
- Ácidos fúlvicos forman quelatos que ayudan a la asimilación de Fe, Zn, Cu y Co por las plantas.
- Mediante ácidos y quelatos contribuye a la meteorización de la roca madre y de esta manera a la liberación de nutrientes y al desarrollo del suelo.
- Al retener agua, la MO reduce la lixiviación de nutrientes.
- La presencia de sustancias húmicas aumenta en algunos casos la absorción de nutrientes y de agua, posiblemente facilitando el transporte de iones a través de las paredes celulares de las raíces.
- Sustancias húmicas estimulan el crecimiento vegetal directamente mediante la producción de fitohormonas y enzimas.
- Plantas asimilan ciertos complejos orgánicos, p.ej. fenoles, de la MO, lo que puede mejorar su resistencia al ataque de plagas y patógenos.

4. METODOLOGÍA

4.1. Ubicación del ensayo

El presente trabajo de investigación se realizó en el **Lote 4** de la Estación Agroecológica Zamora Huayco de la UTPL. (Fig. 1). La EA-UTPL, cuenta con una superficie de 17.2 ha Se encuentra ubicada en el sector Sur Oriental de la Hoya de Loja, perteneciendo a la parroquia de "San Sebastián" del cantón Loja.

Forma parte de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus (PNP), específicamente en el sector 1A del Plan de Manejo de esta área de conservación, dentro de las siguientes coordenadas UTM. (Municipio de Loja, 2006).

E: 702050 - 702700

N: 9527600 – 9558400

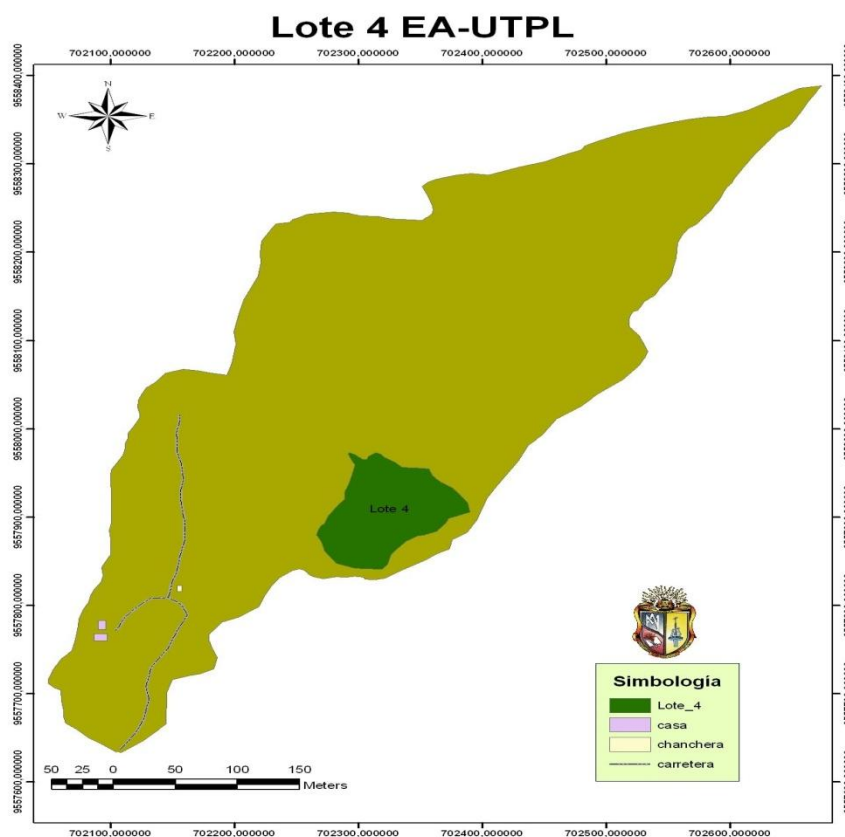


Fig. 1. Ubicación del Área de Estudio, EA-UTPL

Realizado por: El Autor. (2008).

4.1.1. Datos climáticos

La clasificación climática de esta zona corresponde según (Koppen, 2005): templado lluvioso, mesotérmico frío e isotermal, con temperatura media de 15.4 °C y precipitación media de 780 mm por año.

Según la clasificación de zonas de vida (Holdridge), el área de estudio corresponde a la formación ecológica bosque seco montano bajo (bs - MB).

4.2. Materiales:

Para el presente estudio se utilizaron los siguientes materiales: Metro (flexómetro), machete, estacas, fundas plásticas (ziploc), cinta masqui, piola, moto guadaña Fs 450, cuchillas, combustible (gasolina), libreta de campo, barreno y cámara fotográfica.

4.2.1. Equipos de Laboratorio:

Balanza de precisión, espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer modelo AAnalyst 400), espectrofotómetro UV-visible (JENWAY modelo 6400), potenciómetro (METTLER TOLEDO modelo SevenEasy), equipo Kjendhal (LABCONCO), agitador magnético, tamiz (< 2mm), tabla Munsell, papel filtro, piseta, probeta, pipeta, balones de aforo, matraces, bureta, computadora.

4.3. Diseño Experimental y Variables de Estudio.

4.3.1. Diseño Utilizado.

El diseño experimental que se utilizó es Bloques completos, con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones, y un testigo como se indica en el Cuadro 1. (Kuehl, 2001).

| | t1 | t2 | t3 | t4 | T |
|----|----|----|----|----|---|
| R1 | a | e | i | m | p |
| R2 | b | f | j | n | q |
| R3 | c | g | k | ñ | r |
| R4 | d | h | l | o | s |

Cuadro 1. Diseño experimental en bloques completos para suelos

Elaborado por: El autor (2008)

4.3.2. Variables de Estudio.

V₁: Tiempo de descomposición de las diferentes especies vegetales en Acolchado o (mulching) de cada tratamiento.

V₂: Cantidad en Kg, de Materia Orgánica incorporada por cada tratamiento.

V₃: Calidad (físico-química) del Suelo, de cada tratamiento.

V₄: Densidad poblacional de especies vegetales de cada tratamiento.

4.4. Metodología para el Primer Objetivo.

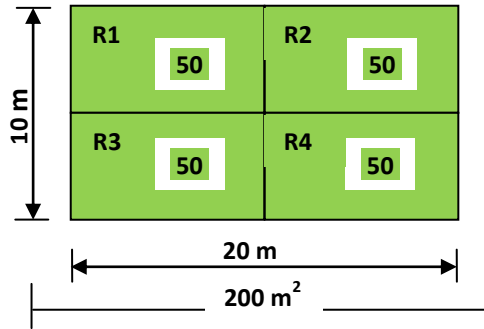
☞ Evaluar el nivel de nutrientes del suelo, antes y después de la aplicación del Acolchado "Mulching"

Para dar cumplimiento a este objetivo se ejecutó las siguientes actividades:

Para los estudios de nutrientes del suelo, se muestrearon los suelos de cada uno de los tratamientos con sus respectivos testigos (Parcelas sin tratamientos).

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

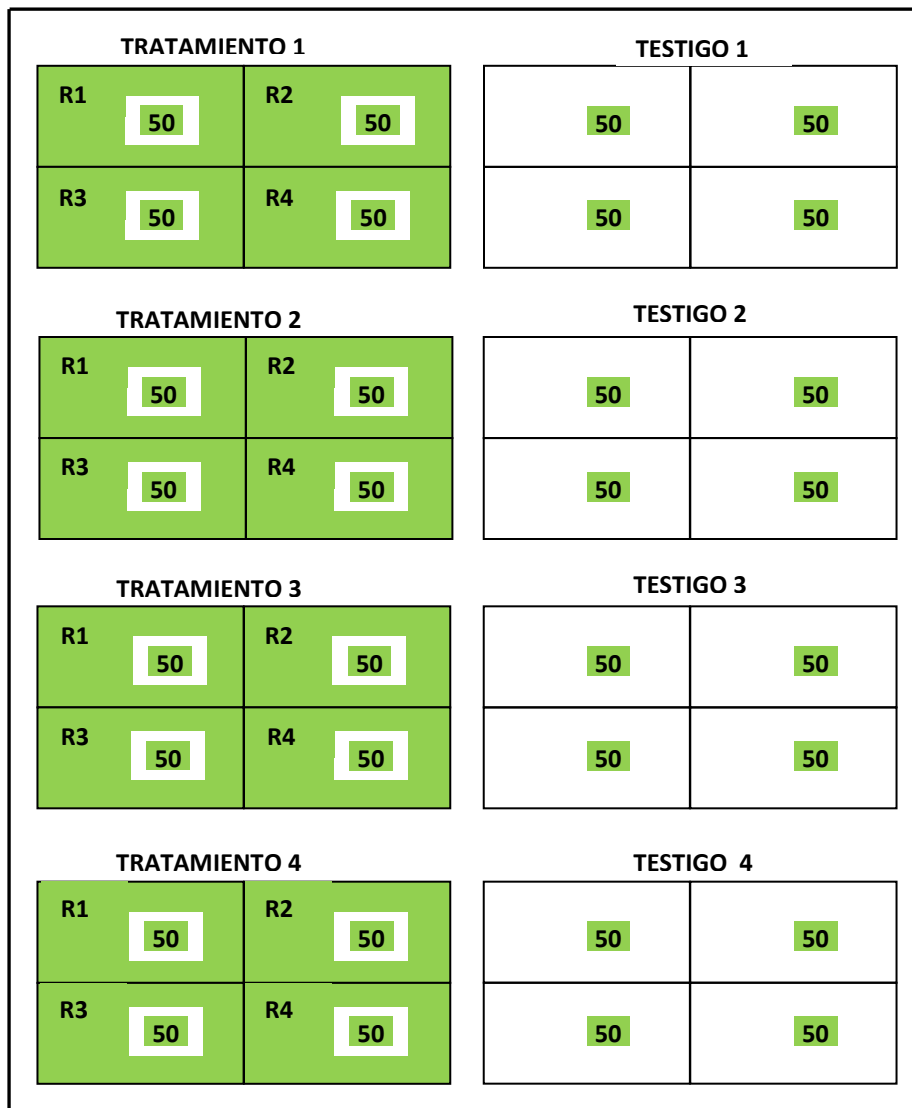
Cabe mencionar que para cada repetición muestreada, se tomo una sub-muestra y posterior a esto se homogenizó las cuatro repeticiones para la conformación en una única muestra por parcela con su respectivo etiquetado. (Cuadro. 2 y 3).



Cuadro 2. Diseño de los Tratamientos con sus Repeticiones.

Elaborado por: El autor (2008)

LOTE 4



Cuadro 3. Diseño General de todos los Tratamientos y Testigos de las parcelas experimentales para el muestreo del suelo.

La recolección de todas las sub-muestras de suelo se las efectuó con la utilización de un barreno, a una profundidad de 0,05 m para cada una de las parcelas evaluadas, posteriormente fueron llevadas al laboratorio para realizar los respectivos análisis físico-químicos del suelo (textura, color, pH, MO, N, P y K). (Foto 1).

Las muestras de suelo tomadas se procesaron en el laboratorio (Foto 2), de CETTIA (Centro de Transferencia y Tecnología e Investigación Agroindustrial) de la UTPL. Siguiendo los procedimientos establecidos para cada nutriente.



Fotografía 1. Muestras tomadas con barreno.

Tomado por: El Autor. 2008



Fotografía 2. Muestras Etiquetadas y Trituradas con sus respectivos Tratamientos y testigos.

Tomado por: El Autor. 2008

4.4.1. Ensayos de Laboratorio

Una vez recolectadas las muestras de material de suelo, se procedió a la preparación de las mismas para los respectivos análisis en el laboratorio (Textura, color, pH, MO, Nitrógeno, Fosforo y Potasio).

4.4.2. Análisis de las características del Suelo.

Se realizó el análisis para la determinación de textura (Método de Bouyoucos) (Ver Anexo 1), para luego efectuarse la determinación del color (Tabla Munsell) (Ver Anexo 2), posteriormente se realizó la determinación del potencial de Hidrógeno (pH), empleando el Método del Potenciométrico (Suspensión de la muestra de suelo + agua desionizada en proporción 1:2,5.) (Ver Anexo 3).

Se realizó el análisis respectivo de Materia Orgánica y los Macro-nutrientes (N, P, K), empleando las siguientes metodologías para su determinación en el laboratorio.

4.4.2.1. Determinación de Materia Orgánica

Método de Walkley y Black (Ácido Sulfúrico (concentrado) +Ácido Orto-fosfórico (concentrado) + Solución Dicromato de Potasio (1N) (Nelson & Sommers, 1996). (Ver Anexo 4).

4.4.2.2. Determinación de Nitrógeno Total en Suelos

Método de Kjeldhal (Sulfato de Potasio + Sulfato de Cobre, relación: 10:1 + ácido Sulfúrico) (Bremmer & Mulvaney, 1982). (Ver Anexo 5).

4.4.2.3. Valoración del Fósforo Disponible en el Suelo

Método de Olsen (Bicarbonato de Sodio) (Olsen & Sommers, 1982) y determinado por calorimetría y luego al Espectrofotómetro UV-visible (Murphy & Riley, 1962). (Ver Anexo 6).

4.4.2.4. Determinación de Potasio

(Oxido de Lantano + Ácido Clorhídrico (concentrado) + Cloruro de Potasio + Ácido Nítrico (0.3M), solución Olsen y luego al Espectrofotómetro de Absorción atómica (SSSA, 1990). (Ver Anexo 7).

4.4.3. Implementación del Análisis del Suelo

Los análisis físicos y químicos, en los suelos, se los llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio del Área de Suelos de la Unidad de Ingeniería Civil y Geológica (UCG) y del Área del Centro de Extensión y Transferencia de Tecnología Agroindustrial (CETTIA), de la Universidad Técnica Particular de Loja.

4.5. Metodología para el Segundo Objetivo.

☞ *Determinar el tiempo de descomposición de la Materia Orgánica, en “Acolchado”*

Para cumplir con este objetivo se realizaron las siguientes actividades:

Para conocer el tiempo de descomposición del Acolchado o mulching, nos basamos en información existente sobre el mismo, además se realizaron estudios en el campo aplicando métodos de observación directa en donde se analizó el tiempo por el que pasa (una semana, un mes, tres meses) etc. Además se utilizaron fundas plásticas para controlar el tiempo de descomposición de la materia orgánica con respiración (*Foto 3.*) y sin respiración, como se indica en la (*Foto 4.*)



Fotografía 3. Descomposición de la Materia Orgánica con Respiración



Fotografía 4. Descomposición de la Materia Orgánica sin Respiración.

Luego de este proceso se midió 1 m² de terreno dentro de cada uno de los tratamientos (*Foto 5.*), para después proceder a cortar y almacenar en fundas plásticas el material vegetal y posterior a esto pesar el contenido de materia orgánica que se encuentra dentro del mismo, con la finalidad de determinar cuánto se aporta de M.O. en 200 m² y en 1 ha de terreno. Todo esto se lo realizó con la ayuda de una hoz y una balanza (*Foto. 6.*)



Fotografía 5. Medición de 1m² dentro de las parcelas experimentales.

Tomado por: El Autor 2008.



Fotografía 6. Pesado y enfundado de la M.O de 1m².

Tomado por: El Autor 2008.

4.6. Metodología para el Tercer Objetivo.

☞ *Evaluar el efecto de la asociación de diferentes especies sobre el suelo.*

Para dar cumplimiento a este objetivo se ejecutó las siguientes actividades:

Se cortaron y se pesaron 500 gr de muestra de las especies vegetales con mayor densidad poblacional que nacieron del banco de semillas del suelo, las mismas que fueron: Pedorrera (*Ageratum conyzoides*), Amor seco (*Bidens pilosa*), Holco (*Holcus lanatus*) y Hierba morocha (*Axonopus compresso*). Estas especies fueron almacenadas en fundas plásticas, puesto el lugar de procedencia, es decir a que parcela y tratamiento pertenece cada una de las especies vegetales y etiquetadas respectivamente, (Foto 7), para luego llevarlas al laboratorio de CETTIA (Centro de Transferencia y Tecnología e Investigación Agroindustrial) de la U.T.P.L. y realizarles el respectivo análisis bromatológico a cada una de las especies vegetales antes mencionadas.



Fotografía 7. Pesado y etiquetado de 500 gr de especies vegetales.

4.7. Metodología para el Cuarto Objetivo.

☞ *Evaluar la producción de plantas-cultivos, sobre estos suelos.*

Para determinar por qué en estos lotes las plantas se quedan pequeñas y con deficiencias se desarrollaron las siguientes actividades:

En primer lugar se procedió a medir los cuatro lotes de 200 m² (Foto 8) de especies vegetales, posterior a esto se realizó la delimitación de las parcelas con cinta plástica de color tomate para los testigos y cinta de color azul para los tratamientos como se muestra en la (Foto 9).



Fotografía 8. Delimitación de los Tratamientos.

Tomado por: El Autor. (2008)



Fotografía 9. Medición de los Tratamientos y Testigos (200 m²).

Tomado por: El Autor. (2008)

Luego de esto se realizó la primera incorporación de especies vegetales puras y combinadas en acolchado o mulching en cada una de las parcelas seleccionadas para los tratamientos, esto se lo realizó utilizando la Moto Guadaña Sthil Fs 450 como se muestra en la (Foto 10).



Fotografía. 10. Primera Incorporación de Especies Vegetales en las Parcelas.

Posterior a esto se espero 3 meses para realizar la segunda incorporación de especies vegetales puras y combinadas que nacieron del banco de semillas del suelo, las cuales fueron *Ageratum conyzoides* (Asteraceae), *Bidens pilosa* (Asteraceae), *Holcus Lanatus* (Poaceae), y *Axonopus Compreso* (Poaceae) como se muestra en la (Foto 11). Las mismas que fueron pesadas con la finalidad de conocer la producción de estas especies vegetales. Finalmente se realizaron los análisis de las propiedades químicas del suelo (MO, N, P y K) para cada una de las parcelas experimentales.



Fotografía 11. Segunda Incorporación de M.O.

Tomado por: El Autor. 2008

4.8. Metodología para el Quinto Objetivo.

☞ Evaluar presencia y/o ausencia de organismos edáficos presentes en la M.O.

Para cumplir con este objetivo se emplearon las siguientes actividades:

Por observación directa en el terreno, se procedió a practicar un orificio en el suelo de 0.05 m x 0.05 m con la ayuda de un cuchillo de campo. Inmediatamente después se observa la presencia y/o ausencia de invertebrados y pedofauna en general. En el *Anexo 8*, se observa la forma en la que se trabajó para cumplir con la metodología de este objetivo.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Evaluar el nivel de nutrientes del suelo, antes y después de la aplicación del Acolchado “Mulching”

Los resultados obtenidos en la primera evaluación del análisis físico-químico del suelo realizado en el **año 2005**, en el **lote 4** de la Estación Agroecológica Zamora Huayco de la UTPL, se muestran en la *Figura 2*.

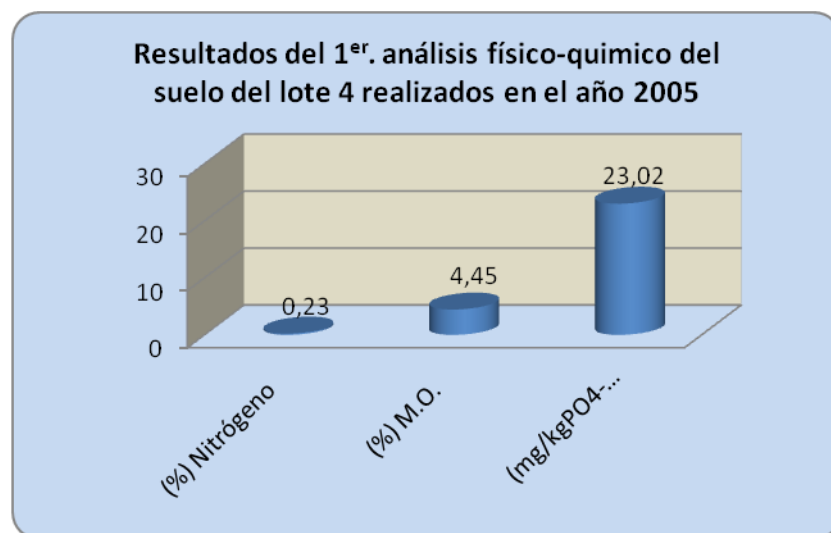


Fig. 2. Resultados de los análisis físico-químicos del suelo perteneciente al lote 4 de la EA- UTPL.

Elaborado por: Laboratorio CETTIA-UTPL (2005)

5.1.1. Propiedades del suelo

5.1.1.1. Propiedades físicas de las parcelas experimentales con sus respectivos testigos sector lote 4. EA-UTPL.

Los resultados obtenidos del tipo de textura que poseen los diferentes tratamientos, se puede observar en el *Cuadro 4*.

| Tratamientos | Clase Textural |
|---------------------|-----------------------|
| P1Tra1 | FoAc |
| P1Test1 | FoAcAo |
| P2Tra2 | FoAc |
| P2Test2 | FoAcAo |
| P3Tra3 | FoAc |
| P3Test3 | FoAc |
| P4Tra4 | FoAc |
| P4Test4 | FoAc |

Cuadro 4. Textura de los tratamientos.

Elaborado por: El Autor.

Leyenda:

FoAc: Franco Arcilloso

FoAcAo: Franco Arcillo Arenoso

Los resultados obtenidos, demuestran que la clase textural predominante en el área de estudio, es la Franco Arcilloso, seguida de la Franco Arcillo Arenoso (ver *Anexo 9*), lo cual concuerda con estudios realizados por Jiménez *et al.*, (2007) siendo un factor importante para el contenido de nutrientes en el suelo, específicamente del Nitrógeno, el cual se caracteriza por estar en mayores cantidades en texturas arcillosas (Fassbender, 1975) como los encontrados en el área de estudio.

En lo referente al color, los predominantes para la zona de estudio fueron 2.5Y 7/2, que corresponde al color Gris Claro (Light Gray) para suelo seco y 2.5Y 4/3; 2.5Y 4/4, para

suelo húmedo que corresponden al color Café Oliva (Olive Brown). Como se indica en el Cuadro 5.

| Tratamientos | Color | | |
|--------------|----------|----------|------------------------|
| | Seco | Húmedo | Descripción |
| P1Tra1 | 2.5Y 7/2 | 2.5Y 4/3 | Gris claro; Café oliva |
| P1Test1 | 2.5Y 7/2 | 2.5Y 4/3 | Gris claro; Café oliva |
| P2Tra2 | 2.5Y 7/2 | 2.5Y 4/3 | Gris claro; Café oliva |
| P2Test2 | 2.5Y 7/2 | 2.5Y 4/3 | Gris claro; Café oliva |
| P3Tra3 | 2.5Y 7/2 | 2.5Y 4/3 | Gris claro; Café oliva |
| P3Test3 | 2.5Y 7/2 | 2.5Y 4/3 | Gris claro; Café oliva |
| P4Tra4 | 2.5Y 7/2 | 2.5Y 4/4 | Gris claro; Café oliva |
| P4Test4 | 2.5Y 7/2 | 2.5Y 4/3 | Gris claro; Café oliva |

Cuadro 5. Color del Suelo de los Tratamientos y Testigos

Cabe recalcar que en el estudio anterior año 2005, no se realizaron los análisis de las propiedades físicas del suelo correspondientes al lote 4. Por tal razón no se pudo realizar las debidas comparaciones de las propiedades físicas del suelo.

5.1.1.2. *Evaluación de las Propiedades químicas de las parcelas experimentales con sus respectivos testigos sector lote 4. EA-UTPL.*

| Tratamiento | pH | M.O. (%) | N total (%) | P disponible (mg/kg PO4-P) | K disponible (cmol/kg) |
|-------------|-----|-------------|----------------|-------------------------------|---------------------------|
| P1Tra1 | 5,9 | 3,52 | 0,19 | 5,6 | 0,12 |
| P1Test1 | 5,8 | 3,08 | 0,16 | 6,86 | 0,06 |
| P2Tra2 | 5,9 | 2,21 | 0,19 | 3,94 | 0,02 |
| P2Test2 | 5,9 | 4,38 | 0,20 | 3,3 | 0,30 |
| P3Tra3 | 6,1 | 2,44 | 0,16 | 4,96 | 0,03 |

| | | | | | |
|---------|-----|------|------|-------|------|
| P3Test3 | 5,9 | 2,09 | 0,19 | 13,72 | 0,02 |
| P4Tra4 | 6,1 | 1,79 | 0,21 | 13,72 | 0,04 |
| P4Test4 | 5,8 | 4,16 | 0,19 | 3,94 | 0,07 |

Cuadro 6. Propiedades Químicas del Suelo de los Tratamientos y Testigos

Como se observa en el *Cuadro 6*, el pH encontrado en las parcelas experimentales de la zona de estudio (lote 4) se caracterizó por presentar valores menores a 6 lo que representa suelos moderadamente ácidos, así también se observa valores mayores a 6 que indica la existencia de suelos ligeramente ácidos, existentes en el área de estudio.

El pH del suelo es a menudo considerado como un medidor razonable de la fertilidad de los suelos tropicales, y muchos estudios se han centrado en si el pH del suelo es correlacionado con la distribución de las especies vegetales (Tuomisto, 2003). Un problema con el pH es que la variación temporal de este es medianamente amplia, el cual puede confundir la existencia de patrones (Macía, 2007).

Cabe señalar que no se cuenta con datos de los estudios anteriores en cuanto a pH, por tal razón no se pudo realizar las respectivas comparaciones de esta propiedad química del suelo.

5.1.1.2.1 Evaluación del Nitrógeno de todos los tratamientos.

Los resultados obtenidos del porcentaje de nitrógeno total de los diferentes tratamientos, se puede observar en la *Figura 3*.

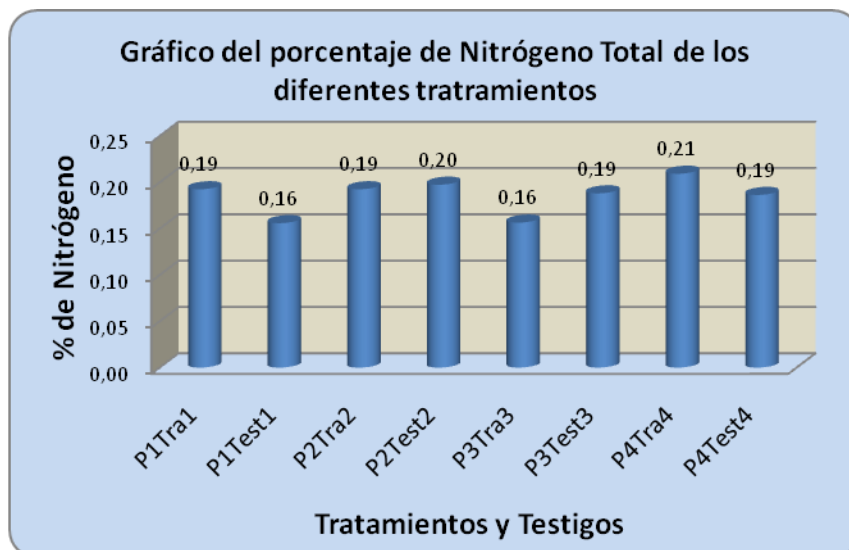


Fig. 3. Porcentaje de Nitrógeno Total de los diferentes tratamientos.

Conforme a los análisis realizados en el laboratorio del CETTIA (Centro de Transferencia y Tecnología e Investigación Agroindustrial), resultó que todos los tratamientos y testigos de las parcelas experimentales presentan un porcentaje de Nitrógeno total (bueno), excepto el P4Tra4 que es el que presenta mayor porcentaje de nitrógeno es decir nitrógeno total (más que bueno). Pero no hay diferencia significativa entre los tratamientos porque este tratamiento solo es mayor en 0,001 % lo cual no es significativo.

Los resultados obtenidos en el primer análisis de suelo indican que los valores de nitrógeno para el año 2005, cuentan con un porcentaje de Nitrógeno total (más que bueno) esto se debe según su historial a que en este lote se incorporó cultivos de *Avena sativa* y *Zea maíz*.

Comparando los resultados obtenidos en el año 2005, con los actuales (2008), podemos decir que los resultados de nitrógeno total del 2005 son mayores al actual puesto que en estas parcelas fueron incorporados cultivos de *Avena sativa* y *Zea maíz* las mismas que presentan una característica importante en cuanto a su capacidad de mejorar el suelo y mantener su fertilidad, restaurando su productividad, a través de la fijación de Nitrógeno atmosférico y su aporte al suelo (Brooks, 2004).

En cambio en los tratamientos actuales no se incorporó ningún tipo de cultivo, si no que se utilizó en acolchado especies vegetales que nacieron del banco de semillas del suelo, lo cual dio como resultado que los tratamientos empleados no mejoran el porcentaje de nitrógeno en el suelo.

5.1.1.2.2. Evaluación del Fósforo disponible de todos los tratamientos.

Los resultados obtenidos del fósforo de los diferentes tratamientos, los cuales van expresados en miligramos por kilogramos (mg/kg), se puede observar en la *Figura 4*.

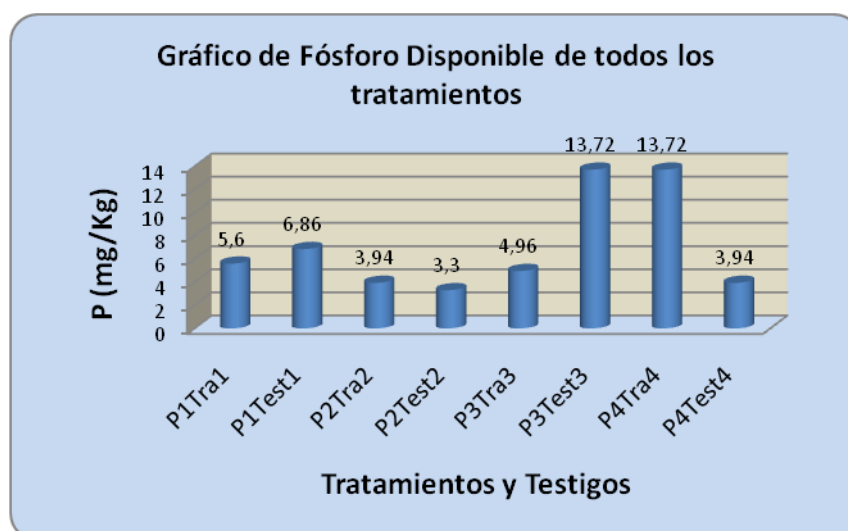


Fig. 4. mg/kg de fósforo disponible de todos los tratamientos.

Elaborado por: El Autor.

Conforme a los análisis realizados en el laboratorio del CETTIA (Centro de Transferencia y Tecnología e Investigación Agroindustrial), resultó que la concentración de fósforo en mg/kg en el P1Tra1 y P1Test1 presentan una concentración de fósforo disponible (medio) en cada uno de ellos; mientras que en la P2Tra2, P2Test2, P3Tra3, y P4Test4 presentan una concentración de fósforo disponible (bajo); y finalmente la P3Test3 y P4Tra4 son los que presentan mayor concentración de fósforo disponible (alto).

El porcentaje de fósforo depende del sustrato utilizado, es una relación directa, este proceso sucede en la humificación. (Valencia, 1994).

Según los resultados obtenidos en el primer estudio de suelo del Lote 4 año 2005 nos indica que la concentración en mg/kg de fósforo disponible es (alto), en comparación con el estudio actual (utilizando el acolchado), debido a que en el estudio anterior en este lote fueron incorporados cultivos de *Avena sativa* y *Zea maíz*, las mismas que presentan una característica importante en cuanto a su capacidad de mejorar el suelo y mantener su fertilidad. (Añasco, 2008). En cambio en el estudio actual con la utilización del acolchado no se mejoró el fósforo disponible en el lote 4.

5.1.1.2.3. Evaluación de Materia Orgánica (M.O.)

Los resultados obtenidos del porcentaje de materia orgánica de los diferentes tratamientos, se puede observar en la *Figura 5*.



Fig. 5. % de Materia Orgánica de todos los tratamientos.

Elaborado por: El Autor.

Mediante esta gráfica, podemos observar el contenido de materia orgánica que presentan las parcelas experimentales, P2Tra2, P3Tra3, P3Test3 y P4Test4, que se encuentran en un nivel (medio) del porcentaje de Materia Orgánica; mientras que en la P1Tra1, P1Test1 el porcentaje de materia orgánica se encuentra en un nivel (bueno); y finalmente tenemos que la P2Test2 y P4Test4 se encuentran en un nivel (alto) del porcentaje de la materia orgánica. Dando un promedio total de porcentaje de materia orgánica (alto) en todos los tratamientos y testigos de este estudio, representando un 4,04 % del mismo.

Según datos obtenidos en el estudio realizado en el año 2005 en el lote 4 los resultados de materia orgánica corresponden a un 4,45 %, el mismo que representa un porcentaje de materia orgánica (alto) como se mencionó, esto se debe a que en este lote hubo la incorporación de *Avena sativa* y *Zea maíz*, por tal razón debido al alto contenido de nutrientes que tienen estos cultivos el aporte de materia orgánica en el suelo fue alto.

Durante la descomposición de los residuos de cosecha del maíz, alrededor del 80 % del carbono se libera a la atmosfera como CO₂ en un periodo de 2 años. El carbono remanente humificado reemplaza la materia orgánica del suelo, el cual es mineralizado durante los cultivos (Wagner, 1993).

En cambio en el estudio realizado en el año 2008, los resultados obtenidos utilizando el acolchado corresponden a un promedio general de 4,04 %, los mismos que representan un porcentaje de materia orgánica (alto), el promedio general de este estudio es inferior al estudio anterior puesto que aquí no existió la incorporación de especies vegetales, si no que se utilizó en acolchado especies vegetales como: Pedorrera (*Ageratum conyzoides*), Holco (*Holcus lanatus*), Amor seco (*Bidens pilosa*) y Hierba morocha (*Axonopus compresso*), que nacieron del banco de semillas del suelo y que representan una biomasa menor a la de *Avena sativa* y *Zea maíz*. Lo cual no mejoró el porcentaje de materia orgánica en el suelo (lote 4).

5.1.1.2.4. Evaluación de Potasio

Los resultados obtenidos de Potasio disponible de los diferentes tratamientos, están expresados en (cmol/kg), como se puede observar en la figura 6.

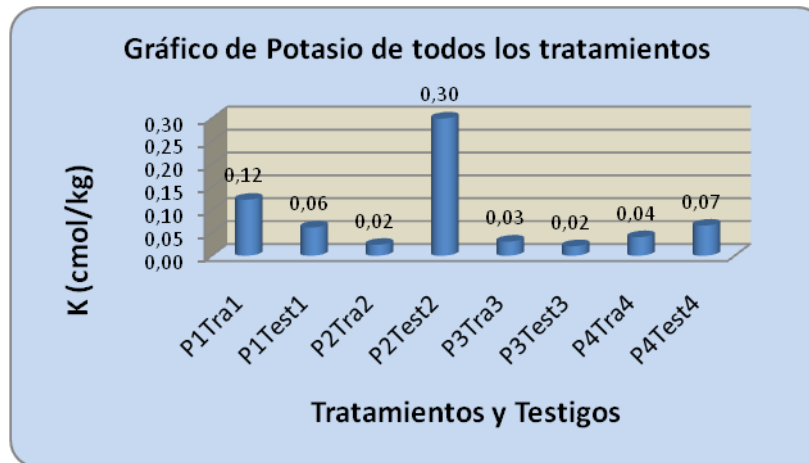


Fig. 6. Potasio disponible de todos los tratamientos.

Elaborado por: El Autor.

Según esta gráfica podemos observar el contenido de potasio disponible de los tratamientos y testigos, los mismos que están expresados en cmol/kg, los cuales son clasificados a continuación, P1Test1, P2Tra2, P3Tra3, P3Test3, P4Tra4 y P4Test4 que se encuentran con un contenido de Potasio disponible (extremadamente pobre), así también tenemos que la P1Tra1 cuenta con un contenido de Potasio disponible (pobre), y como último tenemos que la P2Test2 cuenta con un contenido de Potasio disponible (medianamente rico). Dándonos todo esto un contenido general de potasio disponible (pobre).

El contenido de Potasio Disponible utilizando el acolchado, encontrado en el área de estudio fue pobre, probablemente por el lavado que existe en el horizonte superior, siendo en la capa superior donde existe mayor contenido que en los horizontes superficiales, a su vez la topografía del lugar, así como también los procesos geomorfológicos de erosión y transporte de sedimentos no permiten el desarrollo de suelos profundos. (Valarezo, 2004), es decir que son procesos a una escala de tiempo mucho mayor que el del presente estudio.

Cabe recalcar que en el primer estudio realizado en el año 2005, no se realizó el análisis de potasio en el lote 4, por lo que no se cuenta con datos para realizar la respectiva comparación de resultados.

5.2. Determinar el tiempo de descomposición de la Materia Orgánica, en “Acolchado”

Los resultados obtenidos durante el tiempo de descomposición del acolchado de las parcelas experimentales, se puede observar en la *Figura 7*.

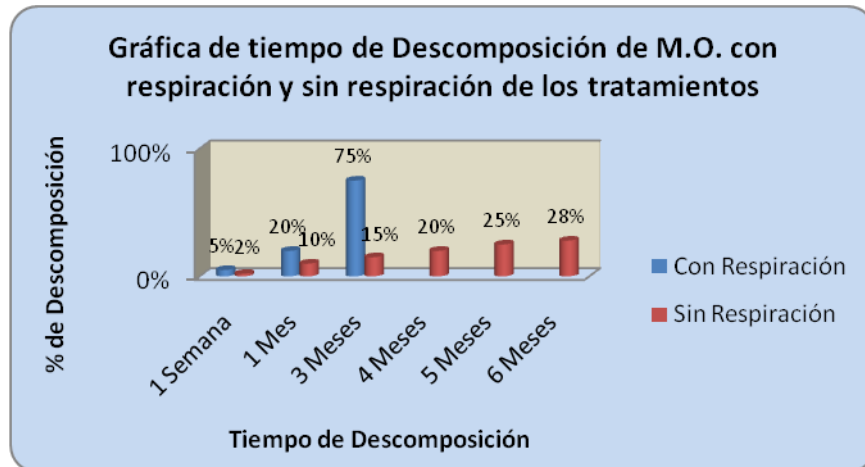


Fig. 7. Tiempo de Descomposición de M.O. con respiración y sin respiración de los tratamientos.

Elaborado por: El Autor.

Como se puede observar en la *Fig. 7.*, el nivel de descomposición de la Materia Orgánica con respiración en los tratamientos es el que tuvo un proceso de descomposición más corto que duró un lapso de 3 meses, debido a que este se encontraba expuesto a las condiciones ambientales (calor, humedad, viento, etc.).

También es significativo indicar que la temperatura y la humedad son factores que influyen directamente con el proceso de descomposición (Salamanca, 1996). Los índices de descomposición son influidos por el metabolismo microbiano, la localización de los substratos y la humedad del suelo (Young, 2006).

Así también se puede observar en esta figura el proceso de descomposición de los residuos de materia orgánica bajo condiciones anaeróbicas (sin respiración) que son más lentos que los con respiración (aeróbicos) debido a la degradación de la lignina y los componentes polisacáridos de la lignocelulosa (Alviar, 2002), posiblemente por la falta de microorganismos específicos.

Cabe mencionar que en las parcelas experimentales se realizó el corte de especies vegetales en 1 m² para estimar cuánto se aporta de Materia Orgánica dentro del mismo y de esta manera poder calcular cuánto se aportaría de Materia Orgánica en 200 m² y en 1 ha de terreno estos valores se los obtendría mediante la utilización de una regla de tres; así como se muestra en la *Figura 8*. Cabe recalcar que los resultados que se observan en esta fig. son los que corresponden a 1 m².

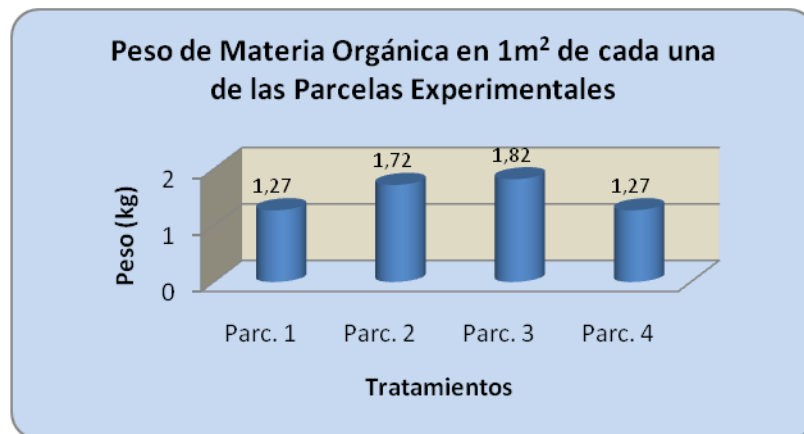


Fig. 8. Peso de Materia Orgánica en 1 m² de las parcelas Experimentales

Elaborado por: El Autor.

5.3. Evaluar el efecto de la asociación de diferentes especies sobre el suelo.

Los resultados obtenidos del análisis bromatológico de las diferentes especies vegetales utilizadas para este estudio, se puede observar en la *Figura 9*.

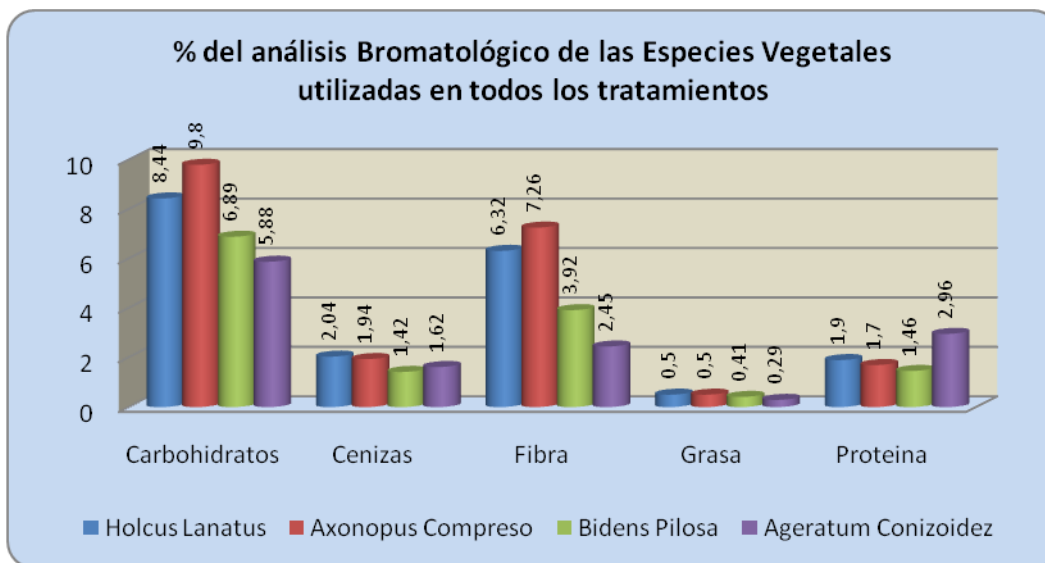


Fig. 9. Análisis Bromatológico de las Especies Vegetales

Elaborado por: El Autor.

Conforme a los análisis realizados en el laboratorio del CETTIA (Centro de Transferencia y Tecnología e Investigación Agroindustrial), resultó que la especie vegetal con mayor porcentaje de carbohidratos es la Hierba morocha (*Axonopus compreso*) la misma que tiene un 9,8 %; el Holco (*Holcus lanatus*) es la especie vegetal que cuenta con un 2,04 % en cenizas siendo éste el porcentaje más alto; la Hierba morocha (*Axonopus compreso*) es la especie que cuenta con un mayor porcentaje en fibra con un 7,26 %; así también tenemos el Holco (*Holcus lanatus*) y la Hierba morocha (*Axonopus compreso*) que son los que cuentan con el más alto porcentaje en grasa con un 0,5 % c/u.; y como último tenemos el porcentaje más alto en proteínas el cual corresponde a la Pedorrera (*Ageratum conizoidez*) con un 2,96 %. Los análisis bromatológicos fueron hechos en “base seca”.

Cabe recalcar que se pretendió realizar análisis químicos de cada una de las especies vegetales utilizadas en el presente estudio, pero en vista que en la UTPL no se realizan estos análisis por falta de equipos de laboratorio, no se pudo hacer los respectivos análisis químicos.

5.4. Evaluar la producción de plantas-cultivos, sobre estos suelos.

En la *Figura 10*. se puede observar las Propiedades Químicas del Suelo de las parcelas experimentales:

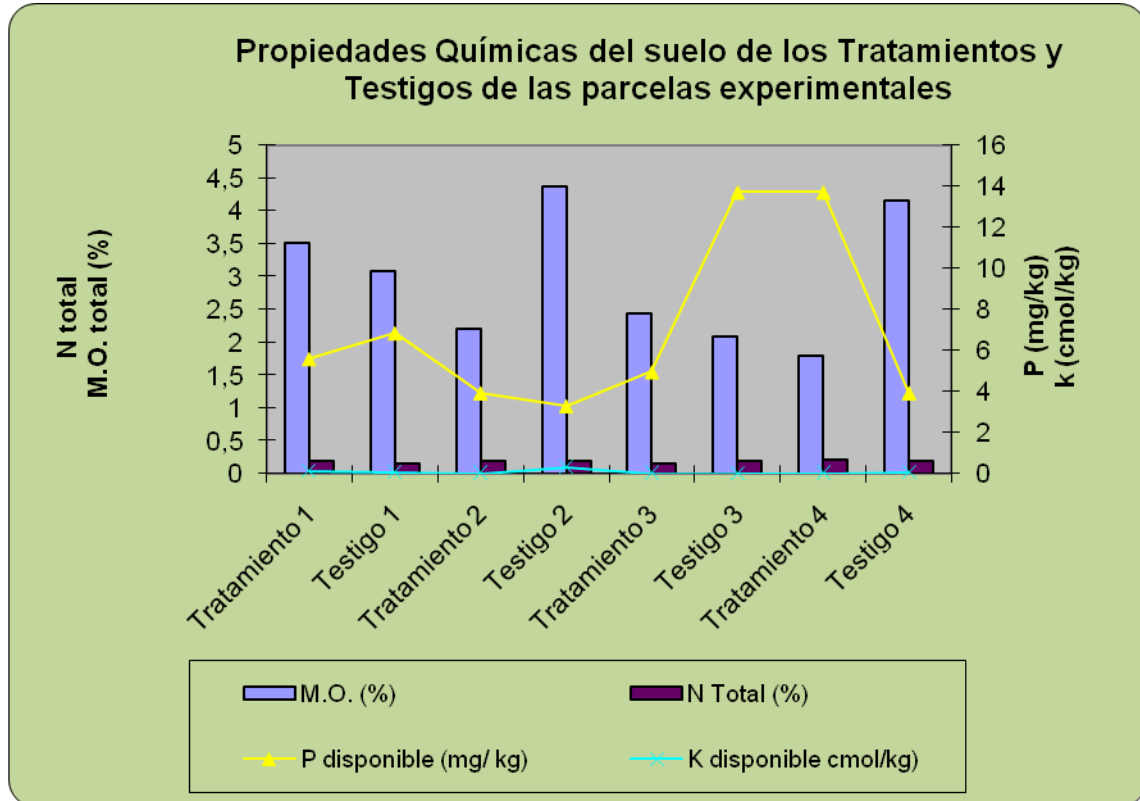


Fig. 10. Propiedades Químicas de las Parcelas Experimentales

Los contenidos encontrados en la zona de estudio en lo concerniente a Materia Orgánica indican la existencia predominante del nivel medio, seguido por el nivel bueno y alto encontrados en cada una de las parcelas de estudio; en cuanto a Nitrógeno Total el nivel predominante es el bueno seguido de la existencia de uno más que bueno en cada una de las parcelas experimentales; en cuanto a Fósforo Disponible cuyo nivel predominante es el bajo, seguido del nivel medio y alto encontrados en la parcelas de estudio; y como último macro-nutriente se puede observar el Potasio Disponible donde predomina el nivel extremadamente pobre, seguido del pobre y medianamente rico.

Debido a la concentración de sales solubles, puede esperarse que se altere la composición química del suelo (Tripathi *et al.*, 1998). Estas concentraciones alteran el crecimiento de la planta, pues se inhiben bajo esas condiciones debido a un desfavorable

pH, excesivas concentraciones de sales, desbalance de nutrientes y una pobre estructura del suelo. (Batra y Manna, 1997).

5.5. Evaluar presencia y/o ausencia de organismos edáficos presentes en la M.O.

En lo que concierne a organismos edáficos de M.O (invertebrados y pedofauna en general), se pudo observar que existe un índice de densidad poblacional alto dentro de las parcelas experimentales, los mismos que corresponden a los diferentes ordenes y clases: coleópteros, dípteros, anélidos y arácnidos, lo cual indica la buena salud del suelo. Como se puede observar en el *Cuadro 7*.

| Organismos Edáficos de MO. | # Individuos | % |
|----------------------------|--------------|-----|
| Coleópteros | 18 | 27 |
| Dípteros | 15 | 23 |
| Anélidos | 25 | 38 |
| Arácnidos | 8 | 12 |
| TOTAL | 66 | 100 |

Cuadro 7. Organismos Edáficos presentes en la MO. en el lote 4

Elaborado por: El Autor.

Los microorganismos del suelo intervienen en muchos procesos que son esenciales para su productividad agrícola. Estos procesos incluyen reciclado de nutrientes de las plantas, mantenimiento de la estructura del suelo, degradación de los agroquímicos del suelo y contaminantes, y el control de plagas de las plantas. (Parkinson, 19981)

Altierí, (1999) considera que los organismos edáficos de la materia orgánica favorecen el reciclado de nutrientes, la regulación de la abundancia de organismos indeseables, y la desintoxicación de productos químicos nocivos.

El contenido de materia orgánica en los suelos al parecer es un buen predictor de la presencia de las lombrices de tierra. (Araujo *et al.*, 1998).

6. CONCLUSIONES

Al término de esta investigación se han logrado determinar las siguientes conclusiones:

- ☞ Los resultados de ésta investigación concuerda con la bibliografía, en el sentido de que con la utilización del mulching de cobertura vegetal se logra un efectivo control de malezas lo que permite reducir el uso de herbicidas (Wolstenholme, Moore-Gordon y Cowan, 1997).
- ☞ El acolchado de especies vegetales, ayuda en la regulación del nivel de acidez (pH) del suelo, condición esencial para que la mayoría de los nutrientes del suelo se encuentren fácilmente disponibles para los cultivos (Sakovich, 1997).
- ☞ La utilización de mulching en los suelos, por los resultados obtenidos, ayudarían a elevar el nivel de macro-nutrientes y el de materia orgánica. Puesto que en un sistema de cultivo tradicional la exportación de nutrientes es mayor al observado en el experimento. Por lo tanto todos los tratamientos utilizados en esta investigación, sirven para aumentar el nivel de los nutrientes del suelo, puesto que física y químicamente, el mulching se encuentran entre los rangos óptimos de buena calidad (García *et al*, 1995).
- ☞ El uso del mulch orgánico por los resultados obtenidos, permite el desarrollo de una pedofauna rica en anélidos, coleópteros, dípteros y arácnidos.
- ☞ El Nitrógeno Total se interpreta como valor referencial de un estado dinámico del mismo entre el suelo, sus cultivos y la entomofauna. (Makeschin y Burneo, 2008); es decir el Nitrógeno “circula” entre los diferentes niveles tróficos del sistema.
- ☞ Respecto a Materia Orgánica se encuentra un promedio de 4,04 % en todos los tratamientos lo que nos indica que constituye un aporte positivo al suelo. Este parámetro lo utilizamos como indicador de la influencia del mulching en el suelo.

7. RECOMENDACIONES

Al término de esta investigación se puede sugerir las siguientes recomendaciones, las mismas que se detallan a continuación:

- ☞ Se recomienda el mejoramiento de estos suelos a través del incremento de la Materia Orgánica.
- ☞ Se recomienda reemplazar el uso de abonos químicos por Materia Orgánica, ya que con ésta obtenemos cosechas de mejor calidad y cantidad.
- ☞ En el muestreo de suelos, es preferente recolectar una cantidad de muestra que sea fácil de manejar, para su posterior manipulación tanto al transportar como en el laboratorio.
- ☞ Profundizar estudios sobre propiedades químicas del suelo, calidad y cantidad de materia orgánica y características que presenta el suelo de la EA-UTPL. utilizando el acolchado.
- ☞ Realizar el análisis químico de las especies vegetales que se vayan a utilizar en el acolchado en posteriores investigaciones, con el fin de determinar el contenido de macro-nutrientes que estos aportan al suelo.
- ☞ P3Test3 y P4Trat4: para el P disponible al mostrar valores extremos, nos inducen a pensar que son el efecto de una intervención inintencional; y por lo tanto se sugiere un mayor control en futuras investigaciones. La extracción de nutrientes de un año al otro es mayor a 0.001% en MO. Por lo tanto se deduce que este nivel es el resultado de un proceso de oxidación de Materia Orgánica fruto del manejo dado a la parcela experimental.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 74:19-31.
- Altieri, M. A., and D. K. Letourneau. 1995. Vegetation management and biological control in agroeco-systems. *Crop Protection* 1: 405 430.
- Altieri, M. A., C. A. Francis, A. Van Schoonhoven, and J. D. Doll. 1998. A review of insect prevalence in maize (*Zea maiz*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) polycultural systems. *Field Crops Research* 1: 33 49.
- Alviar, J. 2002. Manual Agropecuario. Primera Edición. Colombia.
- Añazco, M. 2008. Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus. Quito y Aarhus.
- Azam, F. y Cho, B.C. 1987. Bacterial utilization of organic matter in the sea. En *Ecology of Microbial Communities*. Fletcher, M., T.R.G. Gray, J.G. Jones (Eds). Cambridge University Press. Cambridge. 261-281.
- Bartlett, R. J. 1981. Oxidation reduction status of aerobic soils. In: *Chemistry in the Soil Environment*. Wisconsin: Amer. Soc. Agronomy.
- Bartlett, R., and B. James. 1980. Studying dried, stored soil samples some pitfalls. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 721 724.
- Batra L. and Manna 1997. Dehydrogenase activity and microbial biomass carbon in salt-affected soil of semiarid and regions.
- Benbrook, C. M. 1989. Sustainable agriculture: policy options and prospects. *American Journal of Alternative Agriculture*: 4: 153 159.
- Beneficios del Acolchado Orgánico. Consultado 3 Feb. (2008). Disponible en: http://www.gardenorganic.org.uk/international_programme/index.php.
- Beneficios del Mulch. Consultado 10 Marzo. (2008). Disponible en: <http://www.hort.cornell.edu/extension/commercial/vegetables/online/2001veg/pdfs/text/Papermulch01.pdf>.
- Benya Acov. 1995. Combination and organic manure evaluation in avocado orchard at Bnei-Dror, Israel. *California Avocado Society Yearbook* 78:157-164.

- Brechelt, A. (2008). Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). Santo Domingo, República Dominicana. Consultado 5 Jun. (2008). Disponible en: <<http://www.rap-al.org>.>
- Brock, T.C.M. 1984. Aspects of the decomposition of *Nymphoides peltata* (Gmel). *Aquatic Botany* 19:131-156.
- Brooks, Y. 2004. Manual Practico Sobre Utilización del Suelo y Fertilizantes. Ed. Mundi – Prensa. Colombia.
- Cabrera, F.; López, R.; Martin, P. y Murillo, J. 1997. Aprovechamiento Agronómico del Compost de Alpechin. *Fruticultura Profesional* N°88: 94-105.
- Cánovas Fernández, (1993). Manejo de malezas para países en desarrollo. Segunda edición, Editorial Acribia, Bogotá, Colombia.
- Chen, Y., and T. Aviad. 1990. «Effects of humic substances on plant growth.» In: *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings*. P. MacCarthy, C. E. Clapp, R.L. Malcolm, and P. R. Bloom, eds. Wisconsin: Amer. Soc. Agronomy. pp. 161-186.
- Christensen, B. T. 1992. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Adv. in Soil Sci.* 20: 2-90.
- CID, C. 1993. Materiales utilizados en la elaboración de sustratos. *Agrícola Vergel* 12 (141):492-501.
- Coffey. 1984. An integrate approach to the control of avocado root rot. *California Avocado Society Yearbook* 68:61-68. Consultado 5 jul. (2008). Disponible en: <http://www.isahispana.com/pubs/mulching_spanish.pdf.>
- Efectos del mulching en el suelo. Consultado 5 Feb. (2008). Disponible en: <<http://www.manejoecologicodesuelos.org>.>
- Fassbender, H. 1975. Química de Suelos: con énfasis en suelos de América Latina. IICA, Turrialba. CR.
- Foshee, W. Goff, W. Tilit, K. Williams. 1996. Organic mulches increase growth of young Pecan trees. *Hortscience* 31(5): 811-812.
- Fuentes, J. 1999. Manual Práctico Sobre Utilización del Suelo y Fertilizantes. Ed. Mundi – Prensa. Colombia.
- Garrido, M. (2008). Instituto de Estudios para la vida Rural Sostenible. Colombia. Disponible en: <http://www.ideavida.com>.
- González, F. *et al.* 2002. LEISA, Revista de Agroecología.
- González, S. 2004. Técnicas Apropriadas para Aplicar el mulch. Puerto Rico.

- Gregoriou, C. and Rajkumar, D. 1984. Effects of irrigation and mulching on shoot and root growth of avocado (*Persea americana* Mili.) and mango (*Mangifera indica* L). *Journal of Horticultural Science* 59(1):109-117.
- Habte, M., and M. Alexander. 1978. Protozoa density and the coexistence of protozoan predators and bacterial prey. *Ecology* 59: 140 146.
- Hargrove, W. L., and G. W. Thomas. 1981. Effect of organic matter on exchangeable aluminum and plant growth in acid soils. In: *Chemistry in the Soil Environment*. Wisconsin: Amer. Soc Agron. Special Publ. No. 40.
- Honorato, R. 1994. Manual de edafología. Santiago, Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. 196p.
- Jackson, L. (2003). *Ecología y Agricultura en la Región Andina*. Segunda edición, Editorial Santillana. Quito Ecuador.
- Kokalis, N. and Rodríguez, R. 1994. Effect of pine bark extracts and pine bark powder on fungal pathogens, soil enzyme activity, and microbial populations. *Biológica! Control* 4:269-276.
- Kuehl R. 2001. *Diseño de Experimentos y Principios Estadísticos de Diseño y Análisis de Investigación*. Ed. Thomson Learning. Segunda Edición.
- Lee, Y. S., and R. J. Bartlett. 1976. Stimulation of plant growth by humic substances. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 876 879.
- Loaiza, 2008. *Estudio geológico- geoquímico de los suelos en el sector Mutinza*. Tesis Ing. Geología y Minas. Loja.
- Lowell, C.R. y Konopka, A. 1985. Primary and bacterial production in two dimictic Indiana lakes. *Applied and Environmental Microbiology* 49:485-492.
- Macía, 2007. *Congruence between floristic paatterns of tree and lianas in a southwest Amazonian Rain Forest*.
- Magdoff, F. R., and R. J. Bartlett. 1985. Soil pH buffering revisited. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 49: 145 148.
- Maltby, L 1996. Detritus processing. En *River Biota: diversity & dynamics*. Selected extracts from the Rivers Handbook. Petts, G., P. Calow, (Eds). Blackwell science. Oxford.145-167.
- Mason, C.F. 1976. Relative importance of fungi and bacteria in the decomposition of Phragmites leaves. *Hydrobiologia* 51:65-69.

- Moore-Gordon, C., and Wolstenholme, B. 1996. The Mass small fruit problem: role of physiological stress and its amelioration by mulching. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 19: 82-86.
- Moore-Gordon, C., Ansermino, S. 1996. Some pros and cons of mulching Avocado orchards. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 19: 87-92.
- Moore-Gordon, C., Cowan, A., Wostenholme, B. 1997. Mulching of avocado orchards to increase Mass yield and fruit size and boost financial rewards- a three season summary of research findings. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 20:46-49.
- Moorhead, D. L., Sinsabaugh, R. L., Linkins, A. E. y Reynolds, J. F., 1996. Decomposition processes: modelling approaches and applications. *The Science of the Total Environment* 183: 137-149.
- New era farm service. 1997. Better soils=Better crops. New Era Farm Service. California. 23p.
- Paredes, R. (1996). Andisoles en los declives del volcán Galeras. Primera edición, Editorial, Horizontes, Pasto, Colombia.
- Parkinson, D. 1981. Microbial Communities, activity and biomass. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 34:3-33
- Paul, E. A., and F. E. Clark. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. California: Academic Press, Inc.
- Robinson, D. 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings. *Hortscience* 23:547-552.
- Sakovich.N. 1997. Mulch makes a good herbicide alternative. *California Grower* 21 (4): 5.
- Salamanca, R. 1996. Suelos y Fertilizantes. Ed. USTA. Madrid.
- Satchell, J.E. 1974. Litter-interface of animate/inanimate matter. En *Biology of Plant Litter Decomposition*. Vol.1. Dickinson, C.H. y G.J.F. Pugh (Eds.). Academic Press. London.
- Skroch, N. Powell, M. Bilderback.T. Henry, P. 1992. Mulches: Durability, Aesthetic value, weed control, and temperature. *J. Environ.Hort.* 10(1): 43-45.
- Smil, V. 2007. *General Energetics: Energy in the Biosphere and Civilization*. New York: John Wiley & Sons.
- Smith y Smith. 2000. Ecología. Interamericana. Ed. Continental. México.

- Spencer, B. 1982. Pine bark, hardwood bark compost, and peat amendment effects on development of *Phytophthora* spp. and Lupine root rot. *Phytopathology* 72(3):346-351.
- Stinson, J.; Brinen, G.; Connell, D. and BLACK, R. 1990. Evaluation of Landscape mulches. *Hortscience* 103:372-377.
- Tripathi, A. 1998. Salinity stress responses in plant growth promoting rhizobacteria, *Azospirillum* spp. *Bioscience* 23(4): 463-771.
- Tuckey, R. and Schoff, E. 1963. Influence of different mulching materials upon the soil environment. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 82:68-76.
- Tuomisto, H. 2003. Linking floristic patterns with soil heterogeneity and satellite imagery in Ecuadorian Amazonia.
- Turney, J. y Menge, J. 1994. Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society, Inc. California Avocado Commission and Citrus Research Board. 8p. (Circular No. CAS-94/2).
- Urbano Terrón, (1992). *Dinámica y complejidad de la competencia de malezas*. Tercera edición, Editorial Labor, Barcelona España.
- Valarezo, 2004. *Gestión de la fertilidad del suelo en el Trópico Húmedo, en la región Amazónica Ecuatoriana y bajo sistemas agroforestales*. Universidad Nacional de Loja
- Valencia, M. 1994. *Compostaje de Desechos Orgánicos y Agroindustriales y su Utilización como Fertilizantes Orgánicos*. Fundación Uniagraria. Bogota.
- Varnero, M. (2007). *El suelo como sistema Biológico*. Chile. En línea. Disponible en: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/miscelaneasagronomicas38/C8.html.
- Wagner, G. 1993. Microbial progression in the decomposition of corn stalk residues soil. 155 (1): 48-52.
- Wetzel, R. G., 1992b. Wetlands as metabolic gates. *Journal of Great Lakes Research* 18: 529-532.
- Wetzel, R.G. 1999. Biodiversity and shifting energetic stability within freshwater ecosystems. *Archiv für Hydrobiologie. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 54: 19-32.
- Wetzel, R.G. y Likens, G.E, 1991. *Limnological analysis*. Second Edition. Springer Verlag. New-York.
- Wolstenholme, B.N. 1987. Theoretical and applied aspects of avocado yield as affected by energy budgets and carbon partitioning. *California Avocado Growers' Association Yearbook* 10: 58-61.

- Wolstenholme, B.N. y Whiley, A. 1995. Prospects for increasing Mass fruit size. A Southernhemisphere perspective. Conference '95. The way ahead. Australian Avocado Grower's Federation. Esplanade Hotel, Fremantle. 30 April to May 3, 1995: 89-102.
- Young, K. 2006. Botánica Económica de los Andes centrales. Universidad Mayor de San Andrés.
- Zabaleta, W. (1992). *Nitrogen and organic matter contents of equatorial soil*, 173-186.

W. ANEXOS

ANALISIS DE LABORATORIO:

Anexo 1.

DETERMINACIÓN DE TEXTURA



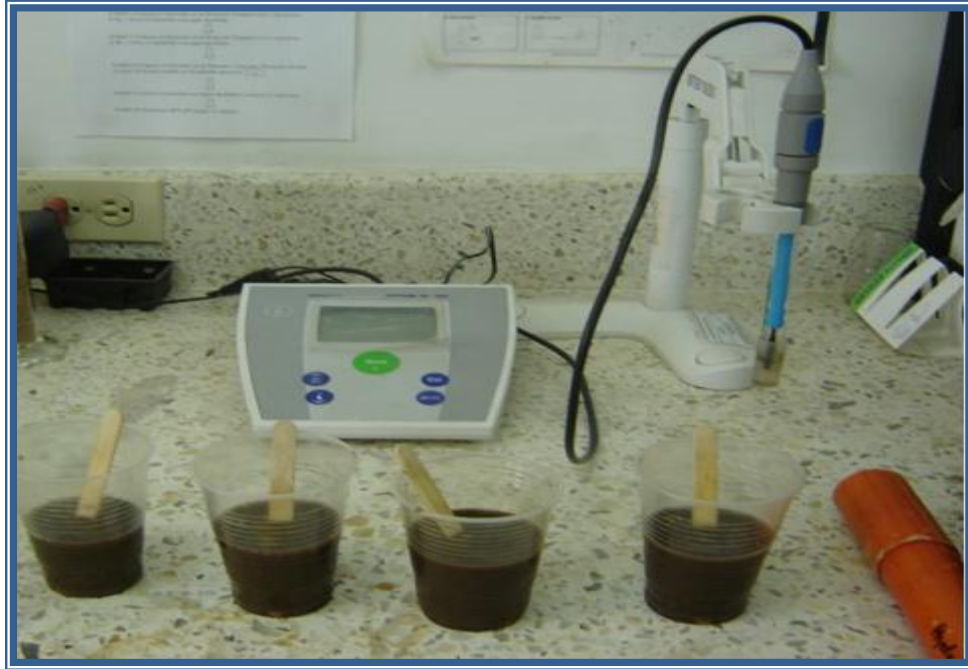
Anexo 2.

DETERMINACIÓN DE COLOR DEL SUELO (TABLA MUNSELL)



Anexo 3.

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)



Anexo 4.

DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA



Anexo 5.

DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL



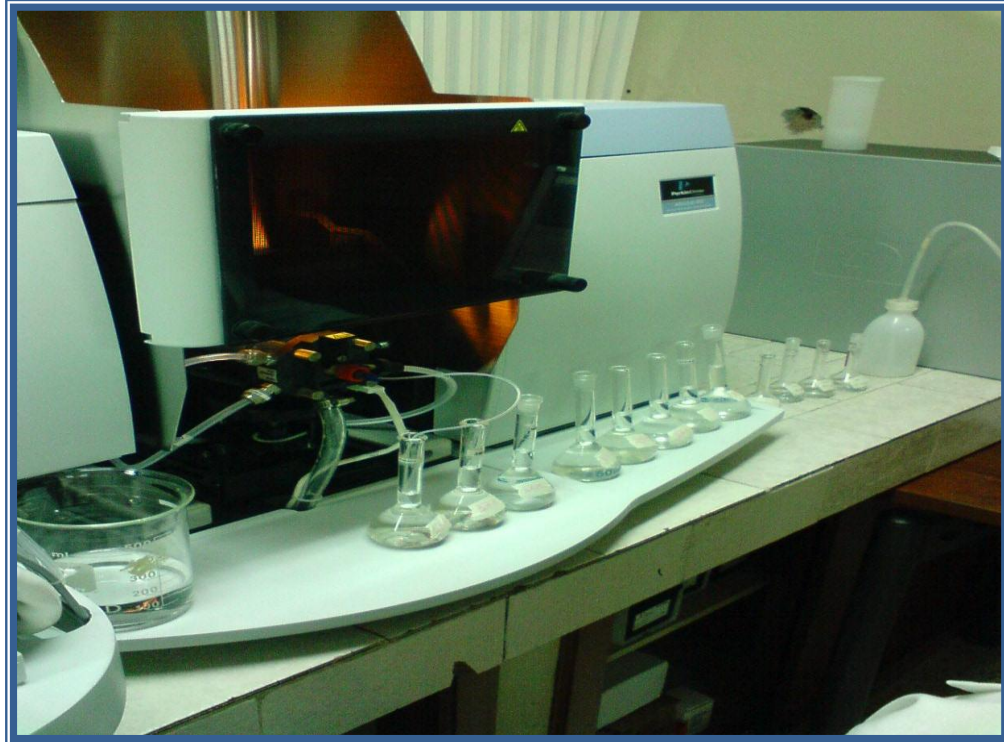
Anexo 6.

DETERMINACIÓN DE FÓSFORO DISPONIBLE



Anexo 7.

DETERMINACIÓN DE POTASIO DISPONIBLE



Anexo 8.

PEDOFAUNA EN GENERAL



TRIÁNGULO DE TEXTURA

