

Universidad Católica del Trópico Seco

Pbro. Francisco Luis Espinoza



**Trabajo de investigación para optar al título profesional de
Ingeniero Agropecuario**

**Descomposición de hojarasca y factores asociados
en tres usos de suelo de tres comunidades de la
Reserva Natural Tomabú, Estelí, 2016**

Autores

Julio Rodolfo Badilla López

María José Herrera Sarantes

Tutores

M.Sc. Flavia María Andino Rugama

M.Sc. William Arturo Ortíz González

Estelí, junio de 2017

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
INDICE DE TABLAS	iii
INDICE DE ANEXOS	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos.....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1. El suelo.....	3
3.2. La materia orgánica en los suelos	7
3.3. Descomposición de la hojarasca en el suelo	9
3.4. Respiración microbiana del suelo	13
IV. HIPÓTESIS.....	15
V. MATERIALES Y MÉTODOS	16
5.1. Ubicación del estudio.....	16
5.2. Variables estudiadas.....	16
5.3. Diseño de investigación	17
5.4. Procesamiento y análisis de datos.....	23
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	24
6.1. Tasas de descomposición de hojarasca	24
6.2. Factores asociados a la descomposición	26
6.3. Relaciones entre la descomposición y los factores edáficos.....	29
VII. CONCLUSIONES	31
VIII. RECOMENDACIONES.....	32
IX. BIBLIOGRAFÍA	33

X. ANEXOS 38

INDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1 Porcentajes de materia orgánica en función a la textura del suelo.	8
Tabla 2.Tasa de descomposición de hojarasca por uso de suelo y por finca	25
Tabla 3. Propiedades del suelo de las diferentes fincas en estudio.....	27
Tabla 4. Separación de medias por tukey para respiración microbiana por uso de suelo...	29
Tabla 5. Correlación entre las propiedades del suelo y la descomposición de hojarasca	30

INDICE DE ANEXOS

Contenido	Página
Anexo 1. Mapa de la Reserva Cerro Tomabú	38
Anexo 2. Diseño del experimento para el ensayo de descomposición de hojarasca	39
Anexo 3. Bolsas de nylon para la recolección de hojarasca	39
Anexo 4. Esquema de la cámara cerrada.....	39
Anexo 5. Cámara cerrada para la captación de carbono en campo	40
Anexo 6. Análisis de varianza para descomposición de hojarasca por uso de suelo y finca	40
Anexo 7. Análisis de varianza de respiración microbiana según los usos de suelo.....	41

DEDICATORIA

A **Dios**, padre celestial por su inmenso amor y misericordia, por bendecirme desde mi niñez, por siempre acompañarme y enseñarme a alcanzar lo que quiero con humildad y sencillez.

A **mis padres**, por educarme en libertad, luchar por mí y mis sueños, por su compañía y comprensión en mis malos momentos y sobre todo por retarme con su ejemplo a ser una mujer de bien para la sociedad.

A **mis hermanos**, por alegrar mis días con su presencia, por alentarme a salir adelante.

A **mi pequeño Manuel**, luz de mi vida y amor en todo su esplendor, por regalarme un motivo más de superación.

María José Herrera Sarantes

En primer lugar a **Dios** nuestro padre celestial por permitirnos llegar hasta donde estamos en este proceso de crecimiento. Por darnos la oportunidad de tener a tantas personas que nos han apoyado hasta el final de este camino.

Mis padres, María del Carmen y Rodolfo, Por darme el apoyo incondicional en todos los aspectos de la vida y aconsejarme cada día para que sea una persona de bien y principalmente por todo su amor.

Mi familia, en especial mención a mis abuelos Julio y Miriam por darme un ejemplo de vida de bien y superación, mis hermanos Mariana y Bismarck por ser un motivo más para mis deseos de superación.

Julio Rodolfo Badilla López

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, fuente de sabiduría, por darnos la inteligencia y valor para cursar nuestra carrera y siempre permitirnos mantener viva nuestra vocación.

A **nuestros padres**, por siempre apoyarnos y llevar a cabo juntos este sueño de ser profesionales.

A **nuestros tutores**, por su inmensa paciencia y tiempo, por compartirnos de su conocimiento con bondad y por su guía en este proceso.

A **Darwin Ochoa**, por su tiempo y apoyo en los análisis de suelo.

A los **profesores**, por su apoyo, y motivación en todo momento que lo necesitamos,

A **Andrei Startsev**, especialista en suelos, por compartirnos sus valiosos conocimientos en la realización de nuestra tesis.

A **UCATSE**, nuestra alma mater por darnos el espacio para desarrollarnos y enseñarnos que con disciplina todo se puede, por ofrecernos más que una carrera, una familia educativa.

A los **productores** de la Reserva Tomabú, por brindarnos el espacio para realizar nuestro estudio.

A nuestros **compañeros de clase**, por acompañarnos en estos cinco años, por apoyarnos en los malos momentos y hacernos sentir valiosos en los buenos.

Eternamente agradecidos

RESUMEN

El estudio se realizó en tres comunidades de la Reserva de Tomabú (Llano Redondo, San Antonio y el Espinal), con el objetivo de analizar la descomposición de hojarasca y los factores edáficos y biológicos asociados en tres usos de suelo. Las variables medidas fueron tasa de descomposición de hojarasca, respiración microbiana y parámetros físico-químicos del suelo. Para analizar la descomposición de hojarasca se utilizó el diseño BCA con tres usos del suelo, en tres fincas de las comunidades estudiadas, ubicando bolsas de nylon con 40 g de hojarasca recolectada. Para el caso de la respiración se validó la cámara cerrada para la captura del carbono del suelo en condiciones de trópico seco. Se tomaron muestras compuestas del suelo de cada finca para el análisis de las propiedades físico- químicas. Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa Infostat versión estudiantil, con un análisis descriptivo para todas las variables. Para el análisis de la descomposición de hojarasca y respiración microbiana se utilizó un ANOVA y separación de medias por Tukey. La relación entre descomposición y los factores estudiados se determinó por análisis de correlación de Pearson. Los tres usos de suelo presentaron pH ligeramente ácidos, texturas similares y valores de materia orgánica que oscilan desde 5.41% para el cultivo hasta 10.36% en el bosque. Respecto a la tasa de descomposición de hojarasca las diferencias estadísticas se encontraron entre fincas, pero no para los usos de suelo; presentando Llano Redondo el valor más alto con 68.06% y El Espinal el más bajo con 57.78%. La emisión de carbono mostró diferencias significativas, agrupándose en dos categorías distintas, siendo más alta en el cultivo (71.11 mg/m²) y el de menor tasa el bosque (25.67 mg/m²). No se encontró una correlación significativa entre la descomposición de hojarasca y los factores físico-químicos del suelo.

Palabras clave: Materia orgánica, cultivo, pasto, bosque, respiración microbiana, propiedades físico-químicas

I. INTRODUCCIÓN

El suelo permite la filtración y reserva de agua, el secuestro y almacenamiento de carbono, provee la materia prima para la obtención de diversos productos y sustenta el 95% de la producción mundial de alimentos, siendo esta última su función más reconocida (Kiersch, 2015). Estas razones inducen a que se busquen propuestas de rescate de los suelos degradados, como las planteadas por la FAO en el marco de la celebración del año de los suelos (2015). Entre las cuales destacan el establecimiento de los sistemas de información sobre el suelo y el aumento de la materia orgánica de éstos.

El reciclaje de nutrientes en el suelo depende de la descomposición de hojarasca proveniente de árboles o material vegetal incorporado a este. Sin embargo, dicho proceso es influenciado por muchos factores. Los organismos del suelo, por ejemplo, contribuyen específicamente a importantes funciones del ecosistema, tal como la descomposición de residuos, ciclaje de nutrientes y mantenimiento de las propiedades físico-químicas de los suelos (FAO, 2010). La descomposición de la hojarasca es vital para el mantenimiento de la vida del suelo, ya que es el único proceso que permite el reciclaje masivo de elementos químicos a nivel de ecosistemas permitiendo su renovación.

A pesar del conocimiento existente sobre la vulnerabilidad del suelo como ecosistema y los manejos tradicionales, todavía hay poca información del impacto específico de los diferentes usos de suelo en la integridad, función y sostenibilidad de los ecosistemas terrestres de la reserva, lo que pone en riesgo no solo la biodiversidad y preservación del recurso, sino también la productividad, condicionando la seguridad alimentaria de la población de la zona.

Sobre dicha base, se estudió el proceso de descomposición de la hojarasca en tres comunidades de la Reserva del Cerro Tomabú, del municipio de Estelí, donde se analizó además, los factores edáficos y biológicos bajo tres usos de suelo (cultivos, pastizales y bosques). De esta manera se aporta información que permita la identificación de prácticas de manejo que contribuyan a la conservación de suelos y el reciclaje de nutrientes. Por tanto, se realizó la investigación

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la descomposición de hojarasca y los factores edáficos y biológicos bajo tres usos de suelo (cultivos, pastizales y bosques), en tres comunidades de la Reserva Tomabú, Estelí 2016.

Objetivos específicos

Determinar la tasa de descomposición de hojarasca bajo tres usos de suelo considerando tres fincas del área de estudio.

Determinar la actividad microbiana mediante la medición de la emisión de CO₂ de los tres usos de suelo en estudio, utilizando el método de la cámara cerrada.

Identificar los factores edáficos y biológicos relacionados con la descomposición de hojarasca bajo diferentes usos de suelo en la zona de estudio.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. El suelo

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Las plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo (FAO, 2008).

Los minerales provienen de la roca madre, que se deshace lentamente. También pueden ser aportados por el viento y el agua, que los arrastran desde otras zonas erosionadas. La materia orgánica es el producto de la descomposición de vegetales y animales muertos, almacena gran cantidad de agua y es rica en minerales. Los microorganismos o pequeños organismos son de dos tipos: los que despedazan la materia orgánica (insectos y lombrices) y los que la descomponen liberando los nutrientes (hongos, bacterias). Viven dentro del suelo y, además de intervenir para que la materia orgánica sea nuevamente utilizada por las plantas, ayudan a pulverizar las rocas. Lombrices e insectos forman poros que permiten la aireación, el almacenaje del agua y el crecimiento de las raíces.

Todas las sustancias que forman el suelo son importantes por sí mismas, pero lo fundamental es el equilibrio adecuado entre los diferentes constituyentes. La materia orgánica y los microorganismos aportan y liberan los nutrientes y unen las partículas minerales entre sí. De esta manera, crean las condiciones para que las plantas respiren, absorban agua y nutrientes y desarrollen sus raíces. Lombrices, bacterias y hongos también producen humus, que es una forma estable de materia orgánica. El humus retiene agua y nutrientes y ayuda a prevenir la erosión.

3.1.1. Usos de suelo en la agricultura

Según Vivas (2009) Nicaragua tiene el 82.2% del suelo de uso agropecuario, pero, la estructura de uso del área agropecuaria, se encuentra en uso extensivo. El 39.9% es de pasto natural y el 23.1% de suelo en descanso y tacotales. Este es un ángulo de importancia, debido a la creciente necesidad de alimentos y conservación de los recursos naturales.

La región central del país comprende los departamentos de Matagalpa, Jinotega, Estelí, Madriz y Nueva Segovia. Sus suelos son aptos para la producción de café, granos básicos, tabaco, hortalizas, ganadería de carne y leche, las cuales constituyen su principal actividad económica (Centro de exportaciones e inversiones de Nicaragua , 2013).

Granos básicos: El Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) reporta que en 2011, en el departamento de Estelí se establecieron 32,666.28 manzanas de maíz y frijol de las cuales 56% correspondía al cultivo del frijol y el 40% al de maíz.

En los últimos años la producción de estos granos ha mostrado una tendencia creciente, sin embargo, esto se debe al aumento en áreas cosechadas, lo cual se deriva de la susceptibilidad del rubro a daños climáticos y plagas, como también de la falta de tecnificación y de manejo del cultivo. (Paz, Flores, & Delmelle, 2007).

La Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (2009) caracteriza la producción de maíz y frijol en Nicaragua por utilizar mano de obra en forma intensiva, combinada con prácticas depredadoras (tala y quema) y contaminadoras (insecticidas) así como herramientas rudimentarias (espeque) y básicas (machete, barra, pala, hacha y bomba de fumigar) utilizando semilla de cosechas anteriores. El mayor o menor uso de insumos depende del acceso a crédito y presencia de insumos en las zonas de siembra siendo que, en las partes alejadas, el uso de insumos es de menor intensidad. Esta tecnología se usa sobre todo en laderas de la región central lo que aumenta el riesgo de degradación de los suelos por pérdida de materia orgánica, excesiva labranza y cobertura inadecuada del suelo (Giasson, 2007).

Hortalizas: Según datos del cuarto Censo Nacional Agropecuario realizado por el INIDE en el 2011, en Estelí existen 405 manzanas cultivadas con hortalizas entre las cuales destacan la papa, cebolla, tomate y chiltoma.

Su producción se concentra sobre todo en lo plano, bajo riego o a orillas de la vega de los ríos, en suelos de buena estructura por lo cual, se deben realizar hasta cuatro pases de arado, no se permite el crecimiento de cobertura vegetal y los rastrojos de cultivos anteriores a la siembra deben de ser eliminados. Actualmente no se utiliza siembra directa sino que se preparan plántulas en invernaderos bajo tecnologías especializadas además se usa cobertura plástica y tela antivirus para los camellones. Por otro lado este rubro se caracteriza por el uso intensivo de agroquímicos (Shany, 2006).

Zamora, Mogollon, & Rodriguez (2005) sugieren que el sistema de monocultivos en hortalizas afecta la calidad de la materia orgánica, lo cual se refleja en una biomasa microbiana baja y poca actividad enzimática en el suelo. De tal manera que se compromete la sostenibilidad de este tipo de sistema.

Bosques. Según el Departamento Forestal de la FAO (2015), los bosques y los suelos están intrínsecamente vinculados y tienen importantes repercusiones mutuas y sobre el medio ambiente en general. Las interacciones entre los bosques y los suelos forestales ayudan a mantener las condiciones ambientales necesarias para la producción agrícola.

Los bosques y suelos forestales almacenan tanto carbono como la atmósfera, las raíces de los árboles proporcionan a los suelos el apoyo mecánico estructural necesario para impedir movimientos superficiales de la tierra, previenen y reducen la salinización.

Al parecer no se ha tenido en cuenta la importancia de estos efectos, y el desbroce de la vegetación arbórea ha tenido como resultado la pérdida de millones de hectáreas de tierra productiva. Además, dado que se siguen talando los bosques, exponiendo la tierra a la acción de viento, la erosión del suelo por las lluvias y la degradación de la tierra se siguen mermando la base de recursos agrícolas.

En la zona de Estelí los bosques estas compuestos sobre todo por coníferas (pinos) en la franja fronteriza y latifoliadas remanentes en áreas protegidas (Zamora E. , 2009). Entre las principales amenazas de estos bosques se encuentra el avance de la frontera agrícola y la expansión de la ganadería extensiva.

3.1.2. La calidad de los suelos

La evaluación cuantitativa de la calidad del suelo es necesaria para la determinación de la sostenibilidad de los sistemas de tierras gestionados, para poder identificar problemas de las áreas de producción, hacer estimaciones reales de producción de alimentos, controlar los cambios en la sostenibilidad medio ambiental, así como los relacionados con la gestión agrícola y utilización sostenible de los recursos de suelo. (Granatstein & Bezdicek, 1992). A continuación se presenta un resumen de indicadores de calidad físicos, químicos y biológicos, compilado por (Mellado, 2006).

Textura: Controla la retención de agua y transporte de nutrientes y la asimilación e intercambio de oxígeno. Esta dada por el porcentaje de arcillas, arena y limos.

Profundidad de enraizamiento del suelo: Influencia la mayoría de los recursos (agua, oxígeno y nutrientes disponibles para las plantas por unidad de área.

Densidad aparente: Afecta propiedades y procesos que influyen en el agua y suministro de oxígeno y productividad.

Capacidad de retención del agua: Relaciona la retención del agua, transporte y erosión con el agua disponible.

Porosidad: Indicador de cambios físicos inducidos por gestión que conducen a desequilibrios en el aire y agua y crecimiento de las raíces.

Materia orgánica: Papel fundamental en estabilidad de agregados, porosidad, reacción con oxígeno intercambiable, agua disponible, reserva en el ciclo de carbono, agua disponible, reserva en el ciclo del carbono y reposición de nutrientes.

pH: Define el umbral para la actividad química y biológica, parámetro de disponibilidad de nutrientes para las plantas y componentes medioambientales.

Capacidad de intercambio catiónico: Diferencias de gestión de nutrientes entre suelos agrícolas y forestales.

Nitrógeno potencialmente mineralizable: Condiciona la productividad del suelo y N disponible.

Respiración microbiana: Siendo una propiedad microbiológica del suelo es un indicador muy sensible pues rápidamente responde a cualquier cambio que se produzca; por eso se le considera un buen parámetro para medir la calidad del suelo. La respiración microbiana muestra el tamaño y la actividad de la población microbiana.

3.2. La materia orgánica en los suelos

Según Silva (S.F.) La materia orgánica contribuye al crecimiento de las plantas a través de sus efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Este último tiene una función nutricional en la que sirve como una fuente de N, P y S para el crecimiento de las plantas, una biológica en la que afecta profundamente la actividad de la microflora y la micro fauna, y una función física en lo que promueve una buena estructura, con lo cual mejora las labores de labranza, aireación y la retención de humedad.

El humus también juega un rol indirecto en el suelo a través de sus efectos sobre la absorción de micro nutrientes por las plantas y la efectividad de los herbicidas y otros productos químicos de uso agrícola.

La importancia de cada factor dado variará de un suelo a otro y dependerá sobre todo de las condiciones ambientales como clima e historia de cultivos anteriores. El nitrógeno (N) suele ser el elemento mineral más limitante en la nutrición vegetal. Puesto que la evolución del Nitrógeno en el suelo está asociada a la de la materia orgánica; Rosich, Castelló, & Vallejo (2015) cita a McGill & Cole (1981), quien expresa que “un estudio comparativo de la descomposición de la materia orgánica y de los cambios que se producen en la relación carbono: nitrógeno (C/N) puede informar sobre la dinámica y disponibilidad de N”.

La materia orgánica tiene efectos directos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, los suelos con altos contenidos de materia orgánica, presentan mejor estructura por la formación de agregados, aumentando su porosidad y por tanto su aireación, penetración y retención de agua, sufren menos pérdidas por erosión y mantienen temperaturas más constantes que las de las fracciones minerales. En relación a las propiedades químicas, la materia orgánica influye directamente en la disponibilidad de nitrógeno, micronutrientes y la nutrición fosfórica, de igual manera aumenta la capacidad de intercambio catiónico y contribuye a la absorción de moléculas de agua. A continuación se muestra una tabla en donde se reflejan los niveles de materia orgánica, según la textura del suelo.

Tabla 1 Porcentajes de materia orgánica en función a la textura del suelo.

Textura del suelo				
	Arenoso	Franco	Arcilloso	Clasificación
	<0.7	<1.0	<1.2	Muy bajo
Porcentaje	0.7 - 1.2	1.0 - 1.5	1.2-1.7	Bajo
de materia	1.2-1.7	1.5-2.0	1.7-2.2	Normal
orgánica	1.7-2.2	2.0-2.5	2.2-3.0	Alto
	>2.2	>2.5	>3.0	Muy alto

Fuente: (Andrade & Martinez, 2014)

Como se observa en la tabla anterior, los suelos arcillosos son los que presentan contenido de materia orgánica más alto que el de suelos arenosos, a pesar de haber sido sometidos al mismo aporte de materia orgánica. Estas diferencias resultan de la mayor protección de la materia orgánica contra la biodegradación. La protección ocurre cuando la materia orgánica es absorbida sobre la superficie de las partículas de arcilla y limo, o cuando es "recubierta" por los minerales de arcilla o cuando se localiza dentro de los micro-agregados, fuera del alcance de los microorganismos.

3.3. Descomposición de la hojarasca en el suelo

La producción y descomposición de hojarasca son procesos en los que la materia orgánica se deposita y reduce en sus elementos constituyentes. Ambos procesos regulan la cantidad y contenido bioquímico de la materia orgánica producida en un ecosistema y son responsables de la formación de sustancias húmicas que contribuyen a la calidad/fertilidad del suelo (Rocha y Ramírez, 2009), en términos generales, la descomposición de hojarasca constituye la vía de entrada principal de nutrientes en el suelo y es uno de los puntos claves del ciclo de nutrientes (García, Ríos y Molina, 2010).

Según Lusk et al., (2007) una descomposición lenta reduce la disponibilidad de nutrientes para el nuevo crecimiento, debido a la inmovilización de estos en las acumulaciones de detritus, por otra parte, una descomposición rápida de la hojarasca, producto de una menor razón C:N, un bajo contenido de lignina o escasez de compuestos secundarios, potencia un ciclaje más rápido de los nutrientes en el ecosistema forestal. Hernández, (2007) en su trabajo nos expone que si la descomposición y liberación de nutrientes es rápida, el cultivo asociado estará menos limitado en sus requerimientos nutricionales contrariamente una lenta descomposición puede ayudar a proteger al suelo de la erosión hídrica por la presencia de hojas en el suelo de manera permanente.

Molina & Barrios, (2012) dentro de su trabajo citan a Zapata y González (2007) afirmando que "los nutrientes confinados en la hojarasca foliar constituyen fuente importante de recursos, por lo que la cuantificación de su producción y su naturaleza, son cruciales para

comprender el reciclaje de nutrientes en ecosistemas. Además de la caída de hojarasca, existen procesos de fuertes implicaciones en la dinámica de los nutrientes, tal es el caso de la reabsorción de nutrientes foliares, que conduce a mayor eficiencia de su uso, la cual puede ser el resultado de mayor fracción de nutrientes reabsorbida desde las partes senescentes de la planta previa a la abscisión, de mayor cantidad de materia orgánica o carbono fijado por unidad de nutriente utilizado”.

Al respecto, es necesario analizar los factores relacionados con la descomposición de hojarasca entre los que se destacan la hojarasca, factores del suelo, macrofauna del suelo y factores climáticos, los que a continuación se describen.

3.3.1. La hojarasca

La hojarasca constituye la vía de entrada principal de los nutrientes en el suelo y es uno de los puntos clave del reciclado de la materia orgánica y de los nutrientes. La descomposición de esta involucra un conjunto de procesos regulados por factores físicos, químicos y biológicos que actúan sobre una gran variedad de sustratos, los cuales en sí mismos están en constante cambio (Agren & Bossata, 1996).

La cantidad de material vegetal, su composición y sus propiedades son esenciales, dado que controlan los procesos de descomposición, mineralización y humificación. Las propiedades que condicionan más la descomposición de hojarasca son la relación C/N, porcentaje de lignina y cantidad de celulosa presentes en la necromasa.

Gelvez (2008) afirma que a mayor C/N la degradación de los compuestos solubles de los materiales vegetales será más rápida y a mayor contenido de lignina será más lenta por los compuestos de difícil degradación en las células vegetales. (Muys, Lust, & Granval, 1992) también señalan que la relación C/N es el principal indicador de la actividad microbiana en la hojarasca.

En materiales herbáceos con bajos contenidos de lignina y altos contenidos de N, tales como materiales verdes de leguminosas, concentraciones de polifenoles pueden determinar las tasas de actividad microbial. (Sanchez & Palm, 1990) en estudios de descomposición de tres diferentes especies, encontraron que los polifenoles influencia las tasas de descomposición, más que el contenido de lignina y N.

La calidad nutricional de los residuos juega un papel fundamental en la población de la fauna del suelo. Es conocido que el contenido de polifenoles está inversamente relacionado con la palatabilidad de las hojas. En el caso de residuos de alta calidad, el sistema presenta una alta tasa de descomposición, pero también pérdidas considerables por lixiviación, por consiguiente el efecto más importante que producen los polifenoles es la reducción de dicha pérdida en el sistema (Tian, Brussaard, & Kang, 1993).

3.3.2. Factores del suelo

Los factores externos afectan la tasa de mineralización en la materia orgánica del suelo (temperatura y precipitación), así como la vegetación, ya que modifica la temperatura y la actividad biológica en el suelo. Sin embargo, las propiedades intrínsecas del suelo que influyen la descomposición de materia orgánica incluyen: el contenido y tipo de arcillas, pH, condiciones de humedad y estatus nutricional.

El tipo y la cantidad de arcillas en el suelo retardan la descomposición de la materia orgánica. La influencia del contenido de arcilla sobre el porcentaje de carbono en el suelo ha sido descrito según la ecuación $\%C = 0.341 + 0.0273 (\% \text{ de arcilla})$. El efecto sobre la descomposición puede ser debido a la absorción en las arcillas de tipo 2:1 con respecto a las de tipo 1:1, o a la alta proporción de poros menores de 1m, donde los materiales son inaccesibles para los microorganismos.

Sin embargo, los bajos contenidos de materia orgánica en vertisoles, con alta proporción de arcillas 2:1, muestra que existen otros factores en la estabilidad de la materia orgánica. Por otro lado, se presenta evidencia de asociaciones entre la materia orgánica con aluminio activo

y óxidos de hierro, lo que explicaría una alta estabilidad de la materia orgánica en oxisoles y otros tipos de suelos con fracciones de arcillas dominadas por óxidos y en suelos ácidos.

La cantidad de la materia orgánica es el resultado de las tasas de adición y pérdida del sistema. En sistemas cultivados decrece como consecuencia de una reducida adición de materiales orgánicos al suelo.

3.3.3. Factores climáticos

El clima modifica notablemente la naturaleza y la rapidez de la descomposición de los restos vegetales en la superficie del suelo, de modo que ejerce una importante influencia en el tipo y la abundancia de la materia orgánica. La humedad y la temperatura aparecen entre las variables más determinantes, porque influyen tanto en el desarrollo de la vegetación como en las actividades de los microorganismos, que son factores muy críticos en la formación del suelo (Brinson, 1977).

(Kononova, 1975) Llegó a la conclusión de que la intensidad máxima de la descomposición de la materia orgánica se observa en condiciones de temperatura moderada (alrededor de 30°C) y con un contenido de humedad de alrededor del 60-80% de la capacidad máxima de retención de agua del suelo. Sin embargo, el aumento o la disminución de la temperatura y de la humedad simultáneamente, más allá de los niveles óptimos, producen la disminución de la descomposición de la materia orgánica.

3.3.4. Macrofauna del suelo

Se ha reconocido que las lombrices constituyen buenos indicadores de la salud del suelo (Panigrahi, 2009). Las investigaciones han demostrado que la producción de forraje casi se duplica cuando las lombrices se introducen en los pastizales, ya que causan cambios importantes en las propiedades del suelo. Más aún, existe una alta correlación entre la población de lombrices y la producción de forraje.

Además de las lombrices, hay otras especies de organismos del suelo visibles. Entre ellas están los coleópteros coprófagos, las cochinillas (Isópodos), los milpiés (Milípedos), los ciempiés (Centípedos), las babosas (Moluscos), los caracoles (Basommatophora) que son los descomponedores primarios (Crespo, 2013).

3.4. Respiración microbiana del suelo

La respiración es uno de los parámetros más antiguos y más frecuentemente usados para cuantificar actividad microbiana en el suelo. El uso de este índice microbiológico ha permitido estimar la actividad general de la biomasa y como ésta es influenciada por clima, propiedades físicas y químicas, o prácticas de manejo agrícola, tales como labranza y rotaciones de cultivos (Zagal, Rodríguez, Vidal, & Quezada, 2002).

La respiración del suelo se define como la producción total de CO₂, por unidad de área y de tiempo, y se debe a la respiración de organismos edáficos, raíces, hifas micorrícicas, y en menor extensión, a la oxidación bioquímica de los compuestos de carbono (Lloyd & Taylor, 1994). Constituye un evento central de los cambios ecológicos globales debido a su papel controversial en los procesos de calentamiento global ya que puede determinar si un ecosistema dado se comporta como fuente o sumidero de CO₂.

La medida de la respiración del suelo ha sido empleada con fines muy diversos, como por ejemplo: estimación de la biomasa microbiana del suelo, marcador de la contaminación de los suelos, determinación de la influencia de las condiciones climáticas y tipo de manejo del suelo en la actividad global de la biomasa del suelo (Noguera, 2011). La respiración del suelo es altamente variable, tanto espacialmente como estacionalmente (USDA, 2003).

La materia orgánica activa, que representa alrededor del 10-20 % de la materia orgánica total del suelo, está constituida por la microbiota responsable de los procesos de descomposición de los substratos orgánicos (fracción lábil) y de la resíntesis de sustancias que dan origen a otros productos metabólicos como mucílagos, gomas, ácidos, enzimas, polisacáridos extracelulares y por supuesto CO₂. De tal manera que, la medición del dióxido de carbono

respirado es una estimación de la actividad y, por lo tanto, de la presencia microbiana; tal actividad varía en función de diferentes factores, como el uso del suelo, mineralogía, cobertura vegetal, prácticas de manejo, calidad de los residuos que entran al sistema (Mora, 2006). La respiración del suelo es altamente variable, tanto espacialmente como estacionalmente, y está fuertemente afectada por condiciones de humedad y temperatura.

IV. HIPÓTESIS

El proceso de descomposición de la hojarasca está condicionado por la influencia de los procesos de respiración microbiana y las propiedades químicas de los diferentes usos de suelo de la reserva Tomabú.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la Reserva del Cerro Tomabú ubicada en el municipio de Estelí, del departamento de Estelí, en la Región de Las Segovias, Nicaragua, específicamente en tres fincas de tres comunidades de la Reserva Natural: El Espinal, San Antonio y Llano Redondo.

La Reserva cuenta con una extensión de 809,128 ha. Es un área montañosa que inicia a 900 metros sobre el nivel del mar, pero sus comunidades se encuentran a altitudes superiores a los 1,300 metros (anexo1). Dicha reserva se encuentra en un cuadrante con las siguientes coordenadas 12° 59' 54" a 13° 03' 34" Latitud Norte y 86°16' 10" a 86°19'20" Longitud Oeste (Earth, 2015). Declaración de áreas protegidas en varios Cerros Macizos Montañosos, Volcanes y Lagunas del país, Bajo el decreto creador # 42-91 el 04 de noviembre de 1991 (Fundación Nicaraguense para el Desarrollo Sostenible (FUNDENIC), s.f.).

5.2. Variables estudiadas

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Medida de expresión	Fuente	Instrumento
Descomposición de hojarasca	Cobertura vegetal del suelo	Porcentaje de biomasa perdido en el tiempo	%	Hojarasca	Bolsas de hojarasca
Respiración microbiana	Indicador de la actividad microbiana	Cantidad de carbono capturada	mg/m ² /hora	Suelo	Análisis de suelo
Propiedades físicas del suelo	Propiedades que determinan la condición física del suelo y que influyen en el crecimiento de las plantas	textura, densidad aparente, porosidad, densidad real	kg/m ³ , %	Parcela	Análisis de suelo

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Medida de expresión	Fuente	Instrumento
Propiedades químicas del suelo	Contenidos de diferentes sustancias importantes como los nutrientes para las plantas	Nitrógeno del suelo, carbono, pH, materia orgánica	%	Parcela	Análisis de suelo, phmetro

5.3. Diseño de investigación

Para la realización del estudio se seleccionaron tres fincas de productores en las comunidades El Espinal, San Antonio y Llano Redondo, de la Reserva Natural Tomabú. Los criterios que se tomaron en cuenta para la selección de la finca se basan en la presencia de un bosque (mínimo 1 mz) y otros usos de suelo como cultivo y pastizales. Cada uso de suelo fue considerado como un tratamiento. De esta manera entonces los tratamientos son:

T1: Cultivo

T2: Pastizal

T3: Bosque

Para la toma de datos se establecieron tres actividades principales, siendo el primero el ensayo para la descomposición de hojarasca. Los parámetros de suelo fue otra actividad que fue realizada de manera simultánea, al igual que la medición de la tasa de respiración. Estas actividades se describen a continuación.

5.3.1. Descomposición de hojarasca

En lo que concierne a descomposición de hojarasca se estableció un ensayo utilizando un diseño de bloques completamente al azar (BCA) 3x3; con tres usos del suelo en tres comunidades (anexo 2). En cada comunidad se seleccionó una finca que fue considerada

como un bloque. La finca fue considerada como una unidad de análisis para realizar comparaciones del uso del suelo a lo interno de la finca, para lo cual se establecieron tres parcelas, una por cada uso. Cada parcela experimental tenía un área de 7026 m² (anexo 1). La duración del experimento fue de cuatro meses (febrero 2016- mayo 2016), con mediciones de tasas de descomposición cada 20 días, para un total de seis.

Para el experimento se utilizó la metodología descrita por Swift & Anderson (1979) que consiste en la recolección de hojarasca en cada parcela experimental que se empaquen por muestras de 40 g en bolsas de nylon tipo malla (10 x 20 cm) con un ojo de malla de 0.4 cm, el cual limita el acceso de organismos de mayor tamaño al material en descomposición.

Así en cada finca se establecieron nueve bolsas de nylon con hojarasca recolectada de la propia parcela (anexo 3), tres bolsas por cada uso; para un total de 27 bolsas. Al finalizar el ensayo se realizó la última medición y con ese dato se estimó el porcentaje de descomposición de hojarasca en base a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de descomposición} = (1 - (\text{peso fresco final} / \text{peso fresco inicial})) * 100$$

5.3.2. Caracterización física y química del suelo

Se utilizó la metodología para muestreo de suelos propuesta por Orellana (2005) que consiste en la recolección de submuestras que deben tomarse en dependencia de la extensión del terreno, pero nunca deberá ser menor de tres. Así se consideran cuatro submuestras por manzana; de cuatro a seis cuando la propiedad tiene dos manzanas; y de seis a ocho, cuando la extensión sea mayor de dos. En el presente estudio se tomaron seis submuestras que fueron mezcladas y de las cuales se obtuvo una muestra compuesta de 1 kg aproximadamente, por cada uso de suelo para cada finca.

Las nueve muestras recolectadas fueron trasladadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Católica del Trópico Seco donde fueron analizadas respecto de las propiedades físicas y químicas, tal como se indica a continuación.

Propiedades químicas del suelo

Nitrógeno: Se utilizó el método propuesto por (Sadwaka, Carrasco, Renato Cruz, & Flores, 2006) que consiste en la digestión Kjeldahl para determinar la concentración de nitrógeno en base a la siguiente fórmula:

$$N (\%) = \frac{(a - b) * m}{m} * 2.8$$

Donde:

a = mL de solución estándar de H₂SO₄ gastados en la muestra

b = mL promedio de solución estándar de H₂SO₄ gastados en los blancos

M = concentración en mol/L de la solución estándar de H₂SO₄

m = masa en g de la muestra usada en el método

Materia orgánica:

Se realizaron mediante pérdida por calcinación, propuesto por (Sadzawka, y otros, 2006) en la cual se calina la muestra de suelo a 360⁰C y después se determina la pérdida de masa. La fórmula se describe a continuación:

$$\frac{a - b}{a - c} * 100$$

Donde:

a= masa en g del suelo seco a (105⁰C) + recipiente

b= masa en g del residuo de calcinación + recipiente

c= masa en g del recipiente

Luego se estimó el contenido de materia orgánica multiplicando el porcentaje de pérdida por calcinación por el coeficiente 0.8 propuesto en la misma metodología.

Propiedades físicas del suelo

Textura: Se determinó por el “Método de Bouyoucos”, en donde la muestra de suelo se seca a 40°C±2°C y <2 mm se dispersa con hexametáfosfato de sodio. Luego, se mide la densidad de la suspensión resultante con un hidrómetro después de 40 s y de 7 h de sedimentación y con las lecturas obtenidas se calcula la distribución de las partículas de arcilla, limo y arena.

Las propiedades físicas de densidad y porosidad se determinaron con la metodología descrita por (Fuentes, 1999), tal como se explica seguidamente.

Densidad aparente y real: Se hace uso de un cilindro metálico de volumen conocido y los bordes biselados, que se clava en el suelo para tomar una muestra de tierra (anexo 2). El peso de la muestra se obtiene después de secado a estufa hasta peso constante. Al final se aplica la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{peso seco}}{\text{volumen del cilindro}}$$

Densidad real: Se pesa la tierra contenida en un cilindro lleno de ella, se echa toda el agua que admita la tierra y se pesa de nuevo. La diferencia entre los dos pesos da el volumen de agua ocupada por los poros, posteriormente se pesa el agua contenida en el cilindro lleno de ella, con lo cual se conoce el volumen del cilindro y se aplica la fórmula:

$$\frac{\text{peso seco}}{\text{peso seco} - \text{peso agua}} \times \frac{\text{peso agua}}{\text{volumen del cilindro}}$$

Porosidad: La porosidad se expresa como porcentaje del volumen total del suelo mediante la fórmula:

$$\frac{\text{densidad real} - \text{densidad aparente}}{\text{densidad real}}$$

Humedad del suelo: Para la humedad se utilizó la metodología propuesta por (Sadzawka, y otros, 2006). La muestra de suelo se secó a una temperatura de 105°C hasta masa constante. La diferencia entre la masa de suelo antes y después del secado se aplicó en las siguientes fórmulas para calcular la humedad.

$$g\ a (\%) = \frac{a - b}{a - c} * 100$$

a = masa en g del suelo seco al aire + recipiente

b = masa en g del suelo seco a 105°C ± 5°C + recipiente

c = masa en g del recipiente

Factor de corrección para humedad (Fh):

$$h = \frac{100 + \text{Agua}(\%)}{100}$$

Donde:

Agua (%) = contenido de agua

5.3.3. Fase de respiración microbiana

Para el caso de respiración microbiana, se aplicó la metodología descrita por Sociedad Americana de Ciencia del Suelo (1982). Respecto de esta variable se consideró necesario realizar la validación de la metodología con diferentes usos de suelo en condiciones del trópico seco; consistente en el uso de una cámara cerrada para la captura del carbono (anexo 4) del suelo mediante una solución de Hidróxido de sodio (NaOH) por 24 horas, luego se traslada al laboratorio, donde la muestra se colorea con fenoftaleina, se titula con ácido clorhídrico (HCl) y Cloruro de Bario (BaCl₂) como indicador.

La cámara se construyó con envases de vidrio colocado sobre un soporte a 5 cm del suelo, donde se depositaron 20 ml de NaOH. Esta cámara fue cubierta con un recipiente de plástico de 20 litros de capacidad. Las cámaras fueron colocadas con una diferencia de tiempo de establecimiento por finca no mayor a 24 horas. Por cada uso se ubicaron tres cámaras, teniendo nueve cámaras por finca, 27 en total. Posteriormente se aplicó la fórmula:

$$i = \frac{a(V - B)}{N \cdot E} \cdot 100$$

Donde:

B: volumen (mililitros) de ácido necesario para titular el NaOH en los frascos de los cilindros de control hasta el punto final

V: volumen (mililitros) de ácido necesario para titular el NaOH en los frascos expuestos a la atmósfera del suelo hasta el punto final,

N = normalidad del ácido

E = peso equivalente. Para expresar los datos en términos de carbono, E = 6; al expresarla en forma de CO₂, E = 22.

5.4. Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de los datos obtenidos, se diseñó una base de datos en el programa Infostat V10. Se utilizó una prueba de Shapiro- Wilks para determinar la normalidad de los datos. En el caso de descomposición de hojarasca se diseñó una línea de tendencia, un análisis de varianza considerando los usos y fincas como tratamientos; también se utilizó una prueba de separación de medias de Tukey.

Respecto del análisis de los factores asociados a la descomposición, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de separación de medias por Tukey para la variable de respiración microbiana. Los parámetros físicos y químicos fueron analizados utilizando una estadística descriptiva, utilizando los valores promedios. Para establecer la posible relación existente entre los parámetros físicos y químicos con la descomposición, se realizó un análisis utilizando el coeficiente de correlación de Pearson.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

Los suelos son fundamentales para la agricultura, sin embargo, las actividades agrícolas están ejerciendo una presión sobre este recurso que está llegando a límites críticos. Una mayor pérdida de suelos productivos incrementara potencialmente los índices de pobreza en el país, lo que está sucediendo por diversas amenazas que ponen en riesgo las funciones del mismo. Entre estas amenazas se ha mencionado la erosión del suelo, desequilibrio de nutrientes, acidificación y contaminación del suelo, anegamiento, compactación del suelo y pérdida de la biodiversidad.

6.1. Tasas de descomposición de hojarasca

Tal como se muestra en la figura 1, las variaciones en el peso de la hojarasca en función del tiempo, se evidencia para los tres usos de suelo comportamientos similares con un descenso significativo de peso en el primer mes y en los últimos una descomposición más lenta (de pesos de 30.67, 28.78 y 33.00 g pasó a 16.33, 13.67 y 15.22 g para cultivo, pasto y bosque respectivamente), lo que concuerda con lo encontrado por (Garcia & Molina, 2010) quienes afirman que la hojarasca disminuye en más del 40% en los primeros treinta días del ensayo por el lavado de compuestos solubles y la descomposición de materiales lábiles. A su vez (Castellanos & Leon, 2010) mencionan una segunda fase más lenta como resultado de la lenta descomposición de elementos recalcitrantes como celulosa, hemicelulosa, taninos y lignina.

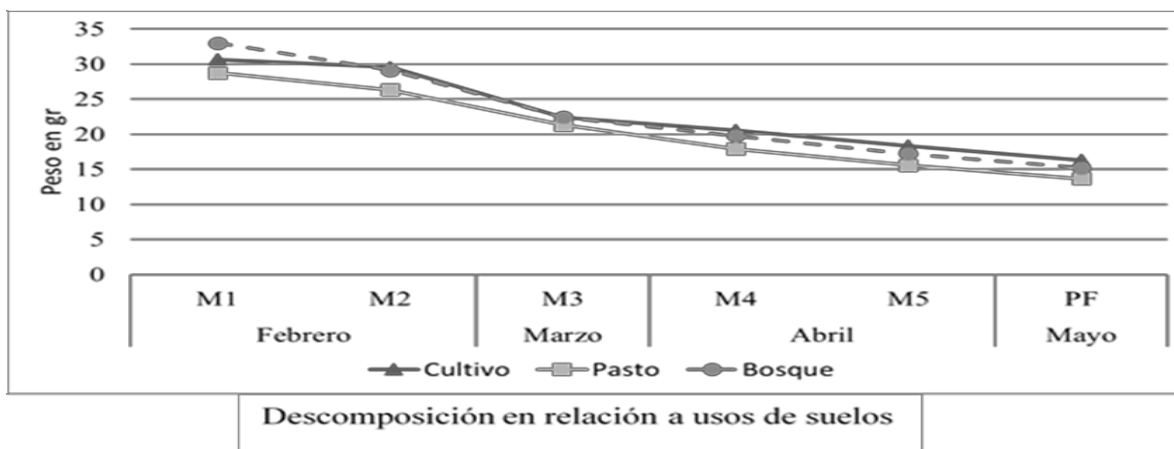


Figura 1. Peso de la hojarasca en relación al uso de suelo en función del tiempo

Al finalizar el ensayo, los pesos de las muestras de hojarasca para los distintos usos de suelo no revelan diferencias significativas ($p = 0.091$) (anexo 6); pero sí entre las fincas ($p = 0.006$) agrupándose en dos categorías distintas (Tabla 2) lo que se asemeja a lo encontrado por (Pardo, 2008) quienes compararon la descomposición de hojarasca en agro ecosistemas cafeteros con y sin sombra y bosque andino sin encontrar diferencias significativas entre los usos de suelo.

Tabla 2. Tasa de descomposición de hojarasca por uso de suelo y por finca

Uso de suelo	Tasa de descomposición en % (valores promedio)	Prueba de separación de medias de Tukey	
		Finca	Tasa de descomposición (%)
Cultivo	59.17	El Espinal	57.78 a
Pasto	65.83	San Antonio	61.11 ab
Bosque	61.94	Llano Redondo	68.06 b
		Sig.	0.063

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas

Respecto del comportamiento por finca, de la figura 2, se observa la descomposición durante el ensayo. Como se ha definido anteriormente Llano redondo fue la finca que obtuvo el valor más alto con 68.06% (Figura 2, c), diferenciándose estadísticamente. Esta diferencia según (Espin, 2012) se debe a las diferentes altitudes de los sitios de estudio que condicionan los factores de humedad y temperatura, los que a su vez influyen en el proceso de descomposición, ya que la finca de Llano Redondo es la que se ubica a una altura mayor (1170 msnm), con una diferencia aproximada de 170 metros de altura entre las tres fincas.

De igual manera, podría deberse a que en esta finca el bosque está compuesto por latifoliadas, las cuales según (Thaiutsa & Granger, 1979) se descomponen con mayor rapidez debido a que poseen más potasio y fósforo, pero menos lignina. Caso contrario se observó en El Espinal (figura 2, b), en donde el bosque representó el porcentaje de descomposición más bajo, lo que parece ser por la fragmentación del mismo.

(Palacios, 2008) afirma que la tasa de descomposición de hojarasca es 1.4 veces mayor en bosques continuos. Esto demuestra que la fragmentación del bosque afecta los procesos de producción y descomposición de hojarasca, pudiendo alterar el ciclo de nutrientes y la dinámica futura del bosque. Al parecer, en los procesos de descomposición son más influyentes los factores del sitio, como lo señala (Mcclaugherty, 2008) explicando que factores como el clima, la disponibilidad de nutrientes, la composición química de la hojarasca y factores específicos del sitio influyen en las tasas y patrones de descomposición.

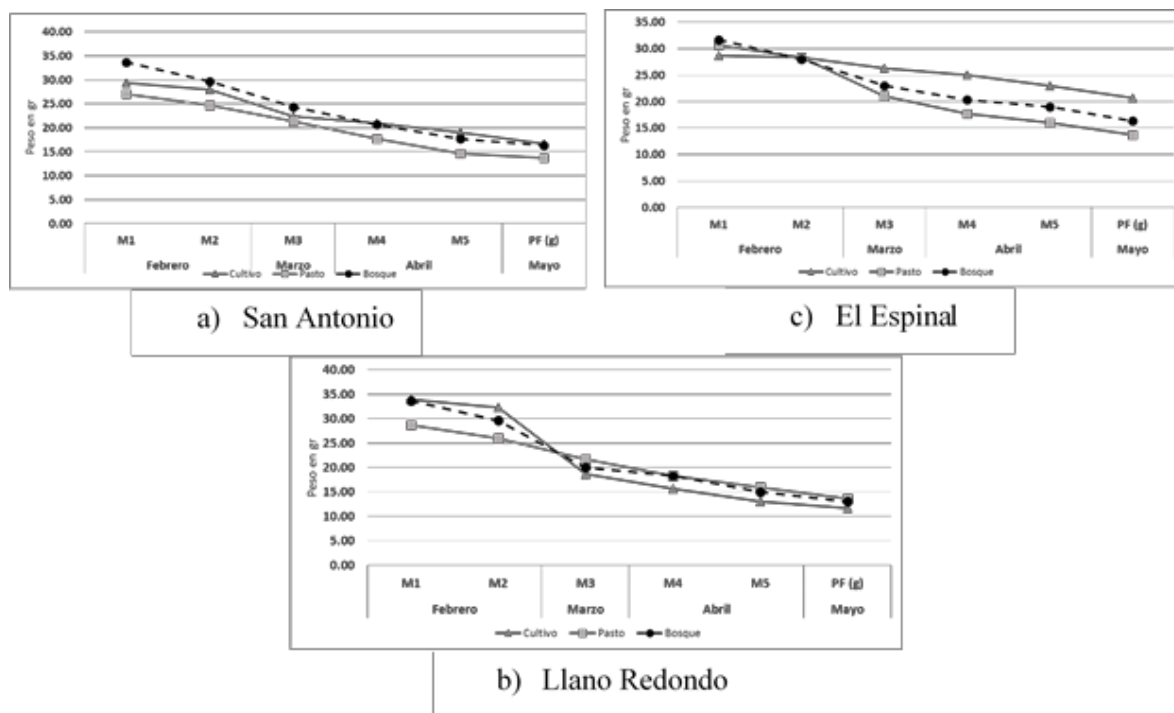


Figura 2. Patrones de descomposición de hojarasca por cada finca

6.2. Factores asociados a la descomposición

Muchas veces los suelos presentan muy baja fertilidad natural por diversas razones, lo cual conduce a los productores a utilizar prácticas dirigidas a incrementar la capacidad productiva de estos suelos y cubrir los requerimientos nutricionales de los cultivos lo que ocasiona un deterioro físico, químico y biológico de los suelos.

6.2.1. Factores edáficos en la zona de estudio

Los valores de las propiedades estudiadas se muestran en la tabla 3. Presentando los tres usos de suelo valores de pH ligeramente ácidos, con texturas similares. Con un rango de valores de materia orgánica que oscilan desde 5.41% hasta 10.36%, destacándose el bosque por tener el contenido más elevado y el cultivo el valor más bajo.

Generalmente, las áreas expuestas a laboreos agrícolas sufren mayores niveles de erosión ocurriendo una pérdida preferencial de las fracciones más finas de los primeros centímetros del suelo, siendo estas partículas las más ricas en materia orgánica (Perdomo & Barbazan, 2013).

Como se muestra en la tabla 3 el valor más alto de carbono orgánico, lo posee el bosque (6.01), lo que según (FAO, 2012) se podría explicar por su clase textural, ya que a mayores contenidos de arcillas aumentan los valores de carbono orgánico de los suelos, lo que se supone está estrechamente relacionado con el contenido de nitrógeno del mismo, correspondiéndose con los valores presentados para los parámetros de nitrógeno, textura y carbono orgánico en el área de estudio.

Tabla 3. Propiedades del suelo de las diferentes fincas en estudio

Parámetros del suelo	Uso de suelo		
	Cultivo	Pastizal	Bosque
Nitrógeno	0.27	0.31	0.52
Materia orgánica	5.41	6.21	10.36
Textura	Franco/Arcillo limoso	Franco a arcilloso	Franco a arcilloso
Densidad aparente	0.82	0.97	0.55
Densidad real	2.3	2.23	2.2
Porosidad	64.34	56.48	74.81
Humedad del suelo	9.14	9.51	10.02
Carbono orgánico	3.14	3.60	6.01
pH	6.23	5.98	6.24

6.2.2. Respiración microbiana del suelo

De acuerdo a los resultados del estudio, tal como lo muestra la figura 3, la respiración varió por uso de suelo (anexo 7), siendo más alta en cultivos (71.11 mg/m²) y menor en bosque (25.67 mg/m²); pero de igual manera, se determinó que la variación entre valores mínimos y máximos es mayor en cultivos.

Esto según Mora (2006) indica que las prácticas de cultivos ejercen numerosos efectos biológicos directos e indirectos sobre las poblaciones microbianas del suelo. La influencia del arado es muy intensa sobre las poblaciones de bacterias inmediatamente después de la ruptura del suelo, el número de microorganismos aumenta de 20 a 30 veces. Esto debido a la modificación de las condiciones de porosidad y por lo tanto, del flujo de gases y agua a través de los espacios vacíos. (Parkin & Franco-Vizcaino, 2006) señalan que las labores agrícolas pueden ocasionar la pérdida de carbono del suelo y por lo tanto, un aumento en el CO₂ liberado.

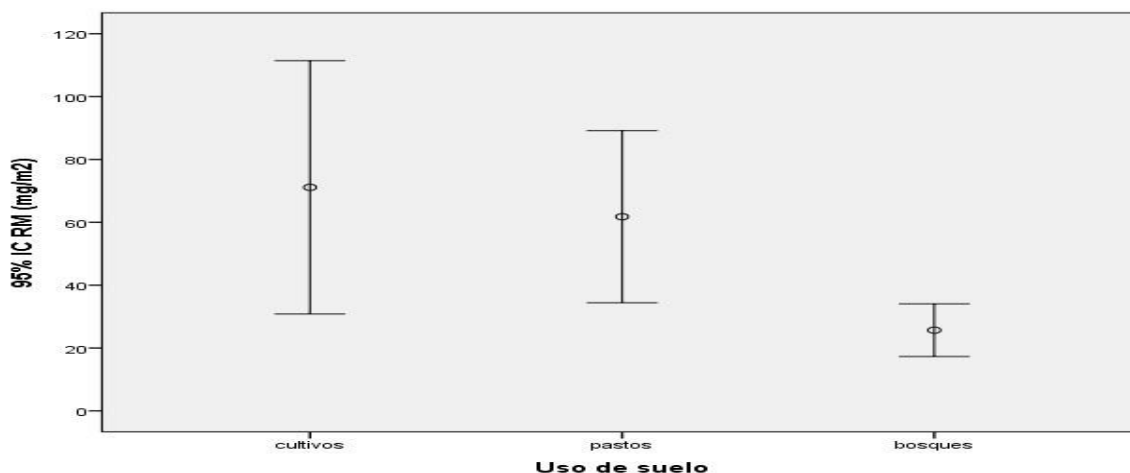


Figura 3. Respiración microbiana según los usos de suelo

Estas diferencias mostradas anteriormente, son estadísticamente significativas ($p = 0.008$), agrupándose en dos categorías distintas tal como lo indica la tabla 4. El uso de suelo con la tasa de emisión más alta fue el cultivo y el de menor tasa fue el bosque, (tabla 4) lo que se asemeja a lo observado por (Vásquez, Macías, & Menjivar3, 2013) quienes afirman que los suelos de bosques mostraron menor tasa de emisión de CO₂ que los suelos de cultivo.

Tabla 4. Separación de medias por tukey para respiración microbiana por uso de suelo

Uso de suelo	N	Tasa de respiración (mg/m ²)	
Bosque	9	25.67	a
Pastos	9	61.78	b
Cultivos	9	71.11	b
Sig.			0.781

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas

6.3. Relaciones entre la descomposición y los factores edáficos

Diversos son los estudios que se han hecho sobre los factores influyentes sobre la descomposición de hojarasca. Al respecto, (Sanchez J. A., 2010) señala que el clima es el principal factor que regula el proceso de descomposición conjuntamente con las características químicas, dureza y grosor de la hojarasca y la exposición del material vegetal a la radiación.

Igualmente, (Thaiutsa & Granger, 1979) afirman que el clima modifica notablemente la índole y la rapidez de la descomposición de los restos vegetales señalando como variables determinantes la temperatura y la humedad. En 2010 (Garcia & Molina, 2010) encontraron que el proceso está controlado por tres elementos principales: el clima, la calidad de la hojarasca y la abundancia de organismos degradadores. Concluyó que las condiciones climáticas limitan la descomposición a través de la influencia fisiológica sobre la actividad de los organismos, mientras que la calidad química del recurso define las tasas a las cuales los organismos pueden operar en esas limitaciones.

Con relación a las propiedades físicas del suelo, en el presente estudio, tal como se evidencia de la tabla 5, las variables que parecen influir en el proceso de descomposición, son porosidad y la densidad (aparente y real), así como el pH, quienes muestran una relación negativa con excepción de la densidad aparente. No obstante, esta correlación no es significativa para ninguna de las propiedades en estudio (tabla 5).

En el caso del nitrógeno, es posible que no se muestre una diferencia estadística, ya que son diversos los factores que intervienen en su ciclo (extracción de productos agropecuarios, procesos de mineralización, fuentes de obtención del nitrógeno) debido a que los sistemas agrícolas suponen un proceso de movilización de nutrientes continua (Perdomo & Barbazan, 2013). Por otro lado, la cantidad de materia orgánica presente en el suelo no es influyente en la descomposición de hojarasca, es más bien la calidad de la materia orgánica la incidente en dicho proceso (Sarmiento, 2011).

Tabla 5. Correlación entre las propiedades del suelo y la descomposición de hojarasca

Parámetros del suelo		Valores
Nitrógeno	Correlación de Pearson	.069
	Sig. (bilateral)	.859
	N	9
Materia orgánica	Correlación de Pearson	.087
	Sig. (bilateral)	.823
Densidad aparente	Correlación de Pearson	.244
	Sig. (bilateral)	.528
Densidad real	Correlación de Pearson	-.235
	Sig. (bilateral)	.543
Porosidad	Correlación de Pearson	-.311
	Sig. (bilateral)	.416
Humedad del suelo	Correlación de Pearson	-.025
	Sig. (bilateral)	.950
Carbono orgánico	Correlación de Pearson	.076
	Sig. (bilateral)	.846
pH del suelo	Correlación de Pearson	-.372
	Sig. (bilateral)	.324

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

VII. CONCLUSIONES

La tasa de descomposición de hojarasca fue similar en los usos de suelo pero diferente entre fincas, siendo la finca de la comunidad de Llano Redondo la que obtuvo el valor más alto con 68.06%, lo que está influenciado por factores como el sitio, el tipo de vegetación y clima, así como la fragmentación del bosque.

Las emisiones de dióxido de carbono son mayores en cultivos (71.11 mg/m^2) debido a los efectos que ejercen las labores agrícolas sobre las poblaciones microbianas y la dinámica del suelo. Aunque también presentó una variación más alta entre los valores mínimos y máximos.

Algunas de las propiedades físicas ejercen una influencia significativa en las emisiones de CO_2 tal es el caso de la porosidad y la densidad aparente, las cuales son alteradas por el laboreo del suelo en el caso del cultivo, sin embargo no existe relación alguna entre las propiedades químicas y la respiración microbiana.

En el presente estudio no se evidenció una correlación significativa entre el proceso de descomposición de hojarasca y los factores físico-químicos del suelo estudiados.

VIII. RECOMENDACIONES

Para la descomposición de hojarasca para futuros estudios, la hojarasca recolectada y depositada en las bolsas de nylon sea de un tipo de vegetación.

Continuar con la línea de investigación sobre la descomposición de hojarasca, tomando en cuenta para el estudio de la dinámica de la descomposición de hojarasca, el tipo de material vegetal y su naturaleza química.

Al ser la primera experiencia en el uso de la metodología de la cámara cerrada para la captura de carbono del suelo, se recomienda que en próximos estudios se dispongan un mayor número de cámaras por unidad muestral dada la influencia del clima sobre este método.

Para los productores de la zona de la Reserva Cerro Tomabú es una buena práctica la incorporación de los rastrojos de cosecha al suelo para mejorar la porosidad y de esta manera mejorar el sistema radicular de los cultivos aumentando la absorción de los nutrientes y cumplir con el reciclaje de los nutrientes, de esta manera mejoraría la producción de la zona.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Agren, & Bossata. (1996). Theoretical ecosystem ecology .
- Andrade, M., & Martinez, M. E. (2014). *Fertilidad del suelo y parametros que la definen*.
- Bianchi, P. P. (2002). <http://www.mantruc.com>. Obtenido de <http://www.mantruc.com/pilar/seminario-palacios-bianchi2002.pdf>
- Brinson. (1977). Decomposition and nutrient exchange of litter in an alluvial swamp forest.
- Castellanos, J., & Leon, J. (2010). *Descomposicion de hojarasca y liberacion de nutrientes en plantaciones de Acacia mangium establecidas en suelos degradados de colombia*. Medellin.
- CATIE. (2006). Produccion de hojarasca y reciclaje de nutrientes de dos especies arboreas y dos gramineas en pastoreo de Muy muy, Nicaragua.
- Centro de exportaciones e inversiones de Nicaragua . (2013). <http://www.cei.org.ni/>. Obtenido de <http://www.cei.org.ni/contenido.php?lvl=1&lvl2=2&lvl3=50>
- Crespo, G. (2013). Funciones de los organismos del suelo en el ecosistema de pastizal. Cuba.
- Departamento Forestal FAO. (5 de junio de 2015). <http://www.fao.org/>. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/285875/>
- Earth, G. (2015). Ubicacion de la reserva Tomabú. Nicaragua.
- EFFRON, D. N., DEFRIERI, R. L., SARTI, G. C., & ORTEGA, J. E. (2011). PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS EN UN SUELO DE LA PATAGONIA ARGENTINA BAJO LA INFLUENCIA DE DIFERENTES ESPECIES FORESTALES. *Ciencia del suelo*, 191.
- Espin, S. (2012). *Patrones altitudinales de descomposición de hojarasca en dos localidades de páramo sometidas a diferentes regímenes climáticos*. Quito.
- Espin, S. (2012). *Patrones altitudinales de descomposición de hojarasca en dos localidades de Páramo sometidas a diferentes regímenes climáticos*. Quito.
- FAO. (2008). <http://www.fao.org/>. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s04.htm>
- FAO. (2010). *Conservacion de los recursos naturales para una agricultura sostenible*.
- FAO. (2015). Las amenazas de nuestro suelo. *Amenazas a nuestros suelos*.
- Fuentes, J. (1999). El suelo y los fertilizantes.

- Fundacion Nicaraguense para el Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Biblioteca Virtual en Salud* .
Obtenido de http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/MARENA/MARENA0241/EvalRedSistAreasProtCerroTomabu.pdf
- Fundacion para eel Desarrollo Tecnologico Agropecuario y Forestal de Nicaragua. (2009). <http://www.funica.org.ni/>. Obtenido de <http://www.funica.org.ni/docs/Analisis-frijol.pdf>
- Garcia, L., & Molina, A. (2010). *Estructura, composicion vegetal y descomposicion de hojarasca en el suelo, en dos sitios de un bosque nublado andino en Peñas Blancas, Colombia*. Quindio.
- Gelvez, I. (julio de 2008). Efectos del uso de suelo sobre la descomposicion de hojarasca y grupos funcionales microbianos. Bogota.
- Giasson, E. (2007). Manual de practicas integradas de manejo y conservacion de suelos. Nigeria.
- Granatstein, & Bezdicek. (1992). The need for a soil quality index.
- Gutierrez, P. S. (2001). Copilacion de descomposicion de hojarasca en SAF. Nicaragua.
- Infoagro. (2008). *Infoagro.org*. Obtenido de <http://www.actaf.co.cu/>
- INIDE, & MAGFOR. (2011). *Censo Nacional Agropecuario*. Managua.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1993). *Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del occidente del departamento del Caquetá*.
- Jaurixje, M., Torres, D., Mendoza, B., Henríquez, M., & Contreras, J. (2013). *Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, estado Lara*. Quibor.
- Kiersch, B. (2015). <http://www.fao.org/>. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i4885s.pdf>
- Kononova. (1975). Humus of virgin and cultivated soils. In: Soil components.
- Lloyd, & Taylor. (1994). On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology*.
- Mellado, I. M. (2006). Calidad de suelos en ambientes calizos mediterraneos. España.
- Mora, J. (2006). La actividad microbiana: un indicador integral de la calidad del suelo.
- Muys, Lust, & Granval. (1992). Effects of grassland afforestation with different tree species on earthworm communities litter decomposition and nutriente status.

- Noguera, C. L. (2011). *Efecto de la humedad del suelo sobre su respiracion* .
- Ochoa, C., & Urroz, F. (2011). *Determinación de la actividad microbiana como indicador biológico en suelos agrícolas del occidente de Nicaragua*. Leon.
- Orellana, J. A. (2005). Muestreo y análisis de suelo.
- Palacios, P. (2008). *Produccion y descomposicion de hojarasca en un bosque Maulino fragmentado*. Santiago.
- Palacios, P. (2008). *Producción y descomposición de hojarasca en un bosque Maulino fragmentado*. Santiago.
- Panigrahi. (2009). Earthworms and their role in soil fertility enhancement.
- Pardo, I. M. (2008). *Efecto del uso de suelo sobre la descomposicion de hojarasca y grupos funcionales microbianos*. Bogota.
- Pardo, I. M. (2008). *Efecto del uso de suelo sobre la descomposición de hojarasca y grupos funcionales microbianos*. Bogota.
- Parkin, T., & Franco-Vizcaino, .. (2006). *Field and laboratory tests of soil respiration*.
- Paz, T., Flores, S., & Delmelle, G. (2007). <http://www.mific.gob.ni/>. Obtenido de <http://www.mific.gob.ni/Portals/0/Portal%20Empresarial/InformeFinalCadenaDeFrijolNicaragua.pdf>
- Rocha, A. G., & Ramirez, N. (2009). PRODUCCIÓN Y DESCOMPOSICIÓN DE HOJARASCA EN DIFERENTES CONDICIONES SUCESIONALES DEL Chiapas, Mexico.
- Rojas, A. E., & Ibarra, J. (2009). <http://www.agr.una.py>. Obtenido de <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/106/102>
- Sadwaka, A., Carrasco, M., Grez, R., Flores, H., & Neamen, A. (2006). Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Santiago, Chile.
- Sadwaka, A., Carrasco, M., Renato Cruz, M. d., & Flores, H. (2006). Métodos de analisis recomendados para los suelos de Chile .
- Sanchez, & Palm. (1990). Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of tree tropical legumes. Ecology . Estados Unidos.
- Sanchez, J. A. (2010). *Descomposicion y ciclo de nutrientes, en ecosistemas terrestres de Mexico*. Mexico D.F.

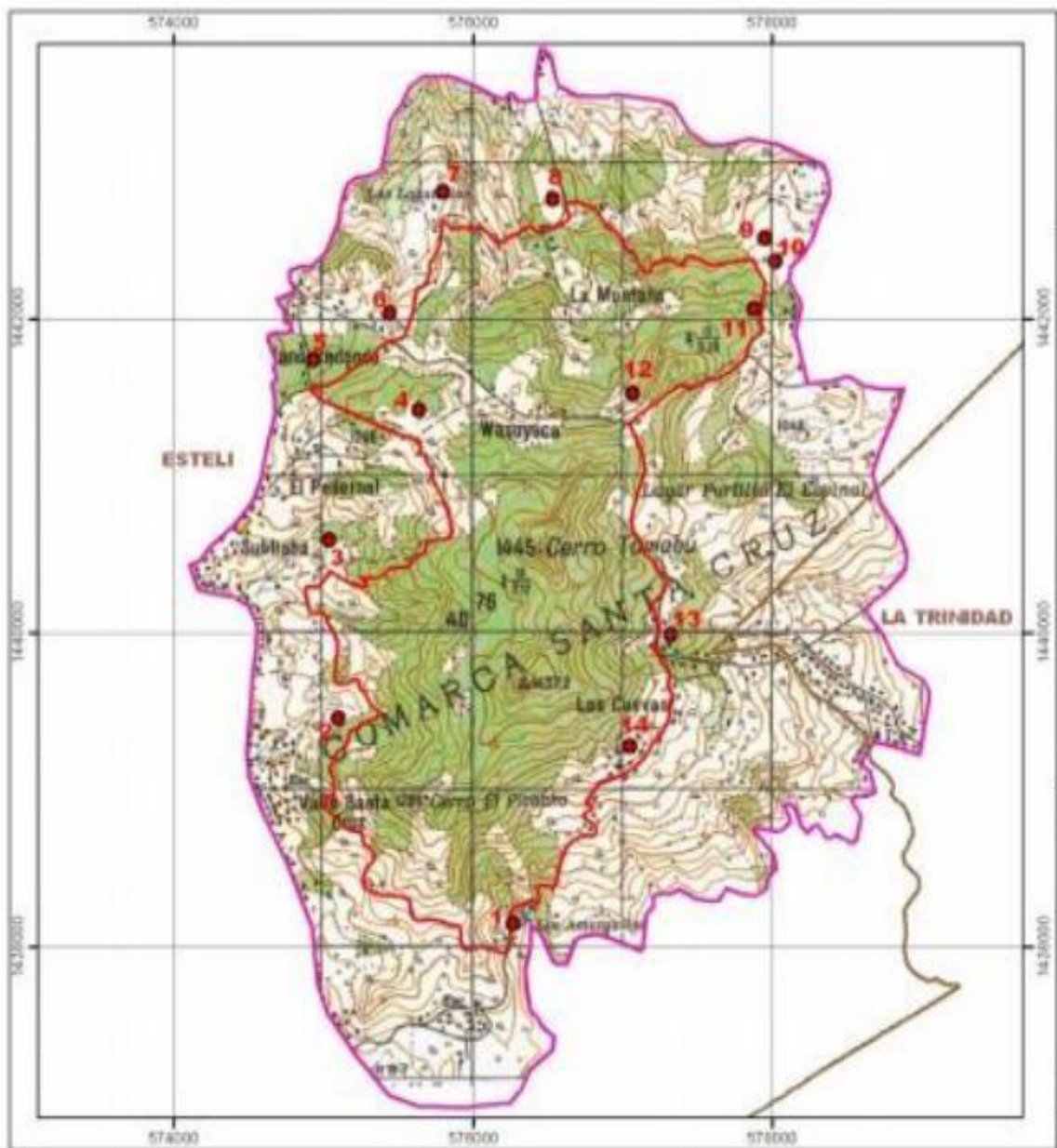
- Sanchez, S., & Hernandez, M. (2007). <http://scielo.sld.cu/>. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942007000400006
- Shany, M. (5 de junio de 2006). Manual agrotecnico del cultivo Horticola de Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- Sociedad americana de ciencia del suelo. (1982). Metodos de analisis del suelo. Wiscosin , Estados unidos.
- Swift, & Anderson. (1979). Descomposition in terrestrial ecosytem. Estados unidos.
- Thaiutsa, B., & Granger, O. (1979). EL clima y la descomposicion de la hojarasca en el bosque tropical. *Unasylya*, 31(126). Recuperado el 27 de enero de 2017, de <http://www.fao.org/docrep/n6845s/n6845s05.htm>
- Thaiutsa, B., & Granger, O. (s.f.). <http://www.fao.org>. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/n6845s/n6845s05.htm>
- Tian, Brussaard, & Kang. (1993). Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under tropical conditions: effects on soil fauna. *Soil biology and Biochemistry* .
- USDA. (2003). *Guia para la evaluacion de la calidad del suelo*.
- Varela, A., & Barriga, P. (2005). COMPARACIÓN DE FACTORES ABIÓTICOS RELACIONADOS CON LA DESCOMPOSICIÓN DE HOJARASCA ENTRE FRAGMENTOS Y NO FRAGMENTOS DE BOSQUE ALTOANDINO NUBLADO. *Ecotropicos* , 9.
- Varela, A., & Cotes, C. (2007). Cambios en edafofauna asociada a descomposición de hojarasca en un bosque nublado. *Revista Colombiana de Entomologia* , 45.
- Vásquez, J. R., Macías, F., & Menjivar3, J. C. (2013). <http://www.scielo.org.ve>. Obtenido de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612013000300004
- Vivas, E. A. (2009). www.lamjol.info. Obtenido de <http://www.lamjol.info/index.php/CALERA/article/view/7/7>
- Zagal, E., Rodríguez, N., Vidal, I., & Quezada, L. (2002). www.scielo.cl. Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072002000200012

Zamora, E. (2009). Propuesta de intervencion de FUNICA en la zona norte. Mangua, Nicaragua.

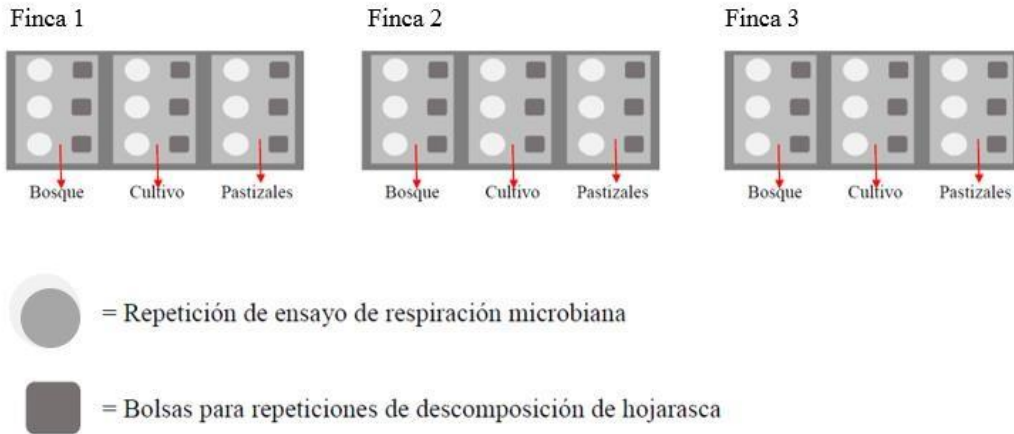
Zamora, F., Mogollon, J. P., & Rodriguez, N. (2005). Cambios en la Biomasa Microbiana y la Actividad Enzimática Inducidos por la Rotación de Cultivos en un Suelo Bajo Producción de Hortalizas. *Ciencias de agro y del mar*, 62-70.

X. ANEXOS

Anexo 1. Mapa de la Reserva Cerro Tomabú



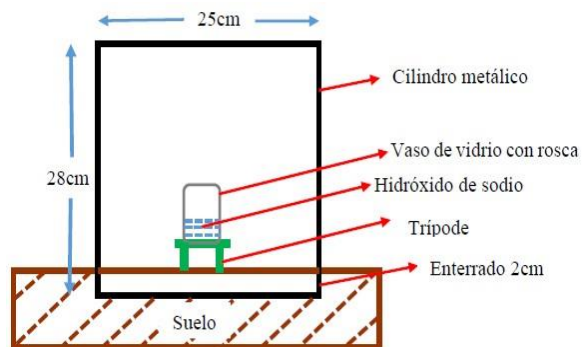
Anexo 2. Diseño del experimento para el ensayo de descomposición de hojarasca



Anexo 3. Bolsas de nylon para la recolección de hojarasca



Anexo 4. Esquema de la cámara cerrada



Anexo 5. Cámara cerrada para la captación de carbono en campo



Anexo 6. Análisis de varianza para descomposición de hojarasca por uso de suelo y finca

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	696.759 ^a	4	174.19	4.632	0.007
Intersección	104844.676	1	104844.68	2788.035	0.000
Finca	494.907	2	247.454	6.58	0.006
Uso de suelo	201.852	2	100.926	2.684	0.091
Error	827.315	22	37.605		
Total	106368.750	27			
Total corregida	1524.074	26			

a. R cuadrado = ,457 (R cuadrado corregida = ,358)

Anexo 7. Análisis de varianza de respiración microbiana según los usos de suelo

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	24449.926 ^a	4	6112.481	7.070	.001
Intersección	75419.593	1	75419.593	87.229	.000
Finca	14080.963	2	7040.481	8.143	.002
Uso de suelo	10368.963	2	5184.481	5.996	.008
Error	19021.481	22	864.613		
Total	118891.000	27			
Total corregida	43471.407	26			

a. R cuadrado = ,562 (R cuadrado corregida = ,483)