

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**“EVALUACIÓN DEL APORTE DE LA MATERIA ORGÁNICA AL
SUELO, PRODUCTO DE LAS ESPECIES ÁRBOREAS
ESTABLECIDAS EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, CHIRIQUÍ”**

**LUHY GONZÁLEZ P
4-766-1551**

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2017

**EVALUACIÓN DEL APORTE DE LA MATERIA ORGÁNICA AL
SUELO, PRODUCTO DE LAS ESPECIES ÁRBOREAS
ESTABLECIDAS EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS, CHIRIQUÍ**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO:

Profa. FELICITA GONZÁLEZ

DIRECTORA

Prof. ALEXIS SAMUDIO

ASESOR

Prof. AMILCAR BEITIA

ASESOR

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado las fuerzas y sabiduría para culminar con mis estudios y poder lograr esta meta que con satisfacción y dedicación he finalizado.

A mi familia en especial a mis padres Cipriano González y Claudia Pimentel, por haber confiado en mí y por apoyarme incondicionalmente, para mí es un honor ser su hija. A mis hermanos por darme esas palabras de aliento para seguir con mis estudios. A mis abuelos, tíos y primos por sus consejos.

A los profesores del área de suelo que han compartido sus conocimientos con todos nosotros, en especial a la Ing. Felícita González.

A los miembros del comité de tesis Prof. Amilcar Beitia y Prof. Alexis Samudio por la revisión de esta investigación.

A esa persona que siempre me apoyo y por su dedicación al estudio Eliécer Pinto.

A todos aquellos que me apoyaron amigos, compañeros en mis años de estudios, gracias.

Dedicatoria

Esta investigación está dedicada primeramente a Dios.

A mis padres, amigos que me apoyaron incondicionalmente, también para todos los productores que como una contribución al saber de lo que los árboles pueden aportar, en concepto de materia orgánica al suelo y aumentando su valor forestal.

EVALUACIÓN DEL APORTE DE LA MATERIA ORGÁNICA AL SUELO, PRODUCTO DE LAS ESPECIES ÁRBOREAS ESTABLECIDAS EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, CHIRIQUÍ.

González, L. 2017. Evaluación del aporte de la materia orgánica al suelo, producto de las especies arbóreas establecidas en el Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí. Tesis Ing. en Manejo de Cuencas y Ambiente. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Chiriquí, Panamá. 59 p.

RESÚMEN

Con la finalidad de evaluar el aporte de materia orgánica y contenido nutrimental de la hojarasca proveniente de las especies *Kaya senegalensis*, *Acacia mangium*, *Eucalyptus camaldulensis*, se realizó un estudio en el jardín botánico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en el cual se establecieron tres subparcelas donde se analizaron los contenidos de materia orgánica proveniente de hojarasca, hojas verdes y suelo. Para la hojarasca se tomaron 10 muestras por subparcela, para las hojas verdes se colectaron en trampas, se tomó cuatro muestras en un periodo de 15 días. Las muestras de suelo se tomaron a cinco, diez, veinte, sesenta centímetros de profundidad en cada subparcela. Una vez procesada las muestras de hojarasca, hojas verdes y suelo, se procedió al análisis químico donde se analizaron los diferentes nutrimentos, para nitrógeno mediante el método de Kjeldahl; Walkley y Black para materia orgánica. Para la hojarasca la especie *Kaya senegalensis* obtuvo el mayor contenido de nitrógeno 21.98 kg ha^{-1} , para los nutrimentos como fósforo, potasio y calcio los valores fueron 38.31 , 31.21 y 16.40 kg ha^{-1} respectivamente ocupados por la especie *Eucalyptus camaldulensis*. Para el caso del magnesio la especie *Acacia mangium* obtuvo 1.57 kg ha^{-1} en hojarasca. Para las hojas verdes la especie *Eucalyptus camaldulensis* tuvo los mayores contenidos de nitrógeno 5.21 kg ha^{-1} , fósforo 5.51 kg ha^{-1} , potasio 0.88 kg ha^{-1} y calcio 5.1 kg ha^{-1} , para el caso del magnesio la especie *Acacia mangium* obtuvo 0.24 kg ha^{-1} en hojas verdes. En el caso de suelo a diferentes profundidades la especie que muestra mayor contenido de materia orgánica y carbono orgánico a los 5 centímetros fue *Kaya senegalensis* con 10.66% y 6.18% , seguido la especie *Acacia mangium* con $10.15\% \text{ MO}$, $5.88\% \text{ CO}$ y *Eucalyptus camaldulensis* con $8.63\% \text{ MO}$, $5.00\% \text{ CO}$ en menores cantidades. Con estos resultados se conoció el aporte nutrimental de cada una de las especies en estudio, contenido de materia orgánica y carbono orgánico en el suelo.

PALABRAS CLAVES: Materia orgánica, suelo, *Acacia mangium*, *Kaya senegalensis*, *Eucalyptus camaldulensis*.

EVALUATION OF THE SUPPORT OF ORGANIC MATTER TO THE SOIL, PRODUCT OF THE TREE SPECIES ESTABLISHED IN THE BOTANICAL GARDEN OF THE FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES, CHIRIQUÍ.

González, Luhy. 2017. Evaluation of the contribution of organic matter to the soil, product of tree species established in the Botanical Garden of the Faculty of Agricultural Sciences, Chiriquí. Thesis Ing. In Watershed and Environment Management. Panama University. Faculty of Agricultural Sciences. Chiriquí, Panama. 59 p.

ABSTRACT

In order to evaluate the contribution of organic matter and nutritional content of litter from the species *Kaya senegalensis*, *Acacia mangium*, *Eucalyptus camaldulensis*, a study was carried out in the botanical garden of the Faculty of Agricultural Sciences, in three Subplots, where the contents of organic matter from leaf and litter, green leaves and soil were analyzed. For the leaf litter 10 samples were taken per subplot, the green leaves were collected in traps. Soil samples were taken at five, ten, twenty, sixty centimeters deep in each subplot. After the leaf litter, green leaves and soil samples were processed, the chemical analysis was performed where the different nitrogen nutrients were analyzed by the Kjeldahl method; Walkley and Black for organic matter. For leaf litter the species *Kaya senegalensis* obtained the highest nitrogen content 21.98 kg ha^{-1} , for nutrients such as phosphorus, potassium and calcium the values were 38.31, 31.21 and 16.40 kg ha^{-1} respectively, occupied by the species *Eucalyptus camaldulensis*. For the case of magnesium the species *Acacia mangium* obtained 1.57 kg ha^{-1} in litter. For the green leaves the species *Eucalyptus camaldulensis* had the highest nitrogen contents 5.21 kg ha^{-1} , phosphorus 5.51 kg ha^{-1} , potassium 0.88 kg ha^{-1} and calcium 5.1 kg ha^{-1} , in the case of magnesium the species *Acacia mangium* obtained 0.24 kg ha^{-1} in green leaves. In the case of soil at different depths, the species with the highest content of organic matter and organic carbon at 5 centimeters was *Kaya senegalensis* with 10.66% and 6.18% after it, the species *Acacia mangium* and *Eucalyptus camaldulensis* got a 10.15% MO, 5.88% CO and 8.63% MO, 5.00% CO, respectively. By obtaining these results we could know the nutritional contribution of each of the studied species, in organic matter content and organic carbon in the soil.

Keywords: organic matter, soil, *Acacia mangium*, *Kaya senegalensis*, *Eucalyptus camaldulensis*

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Antecedentes	4
1.3. Justificación	6
1.4. Objetivo	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5. Hipótesis	8
1.6. Alcances y limitaciones del estudio	8
2. REVISIÓN DE LITERATURA	10
2.1. Materia orgánica en el suelo	10
2.2. Descomposición y mineralización de materia orgánica	11

2.3.	Factores que influyen en la descomposición de la materia orgánica	14
2.4.	Efectos de los microorganismos en el suelo	18
2.5.	Hojarasca	21
2.6.	Composición bioquímica del material vegetal	23
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1.	Localización del área de estudio	26
3.2.	Características del área de estudio	27
3.3.	Metodología	28
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1.	Fertilidad inicial del suelo	33
4.2.	Contenido de materia orgánica en el suelo presente en el sitio de estudio.	35
4.3.	Contenido nutrimental de la hojarasca de las especies arbóreas en estudio	37
4.4.	Contenido nutrimental de las hojas verdes proveniente de la especie arbóreas en estudio	40
5	CONCLUSIONES	43
6	RECOMENDACIONES	45
7	REFERENCIAS CITADAS	46

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁG.
I	CARACTERÍSTICAS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO. JARDIN BOTÁNICO. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. AÑOS 1986-1988-2016.	34
II	CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA Y CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO (CO) EN EL SUELO, A DIFERENTES PROFUNDIDADES. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECIARIAS. CHIRIQUÍ. 2016	36
III	CONTENIDO NUTRIMENTAL PROVENIENTE DE LA HOJARASCA DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO kg ha^{-1} . FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. CHIRIQUÍ. 2016.	39
IV	CONTENIDO NUTRIMENTAL PROVENIENTE DE LA HOJAS VERDES DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO kg ha^{-1} . FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. CHIRIQUÍ. 2016.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁG.
1	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. CEIACHI. F.C.A. CHIRIQUÍ-2016	26
2	UBICACIÓN DE LAS SUB PARCELAS DE LAS TRES ESPECIES EVALUADAS. FCA-UP-2016	29
3	CONTENIDO NUTRIMENTAL PROVENIENTE DE LA HOJARASCA DE TRES ESPECIES EN ESTUDIO kg ha⁻¹. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. CHIRIQUÍ. 2016.	38
4	CONTENIDO NUTRIMENTAL PROVENIENTE DE LAS HOJAS VERDES DE TRES ESPECIES EN ESTUDIO kg ha⁻¹. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. CHIRIQUÍ. 2016.	41

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas ha sido posible observar el creciente interés por el estudio de los ciclos de la materia orgánica en la biosfera, en particular, la dinámica del carbono orgánico del suelo bajo el impacto del cambio de uso de la tierra. En alguna medida, este interés tiene su origen a partir de dos grandes fenómenos de escala mundial, por un lado, la expansión de la frontera agrícola y por otro, la deforestación, principalmente en las zonas tropicales y ecuatoriales (Céspedes, 2007).

Así, Swift y Woomeer citado por Quenum, (sf); indica que la materia orgánica ha sido considerada tradicionalmente uno de los factores fundamentales de la fertilidad de los suelos. Es el reservorio de alrededor del 95% del nitrógeno edáfico e influye favorablemente sobre propiedades físicas como la estabilidad de la estructura, la erosionabilidad, la densidad aparente, etc. se la considera también uno de los componentes principales de la sustentabilidad de los agroecosistemas.

La materia orgánica es un factor clave; ya que, actúa sobre las propiedades físicas (porosidad, capacidad de retención hídrica, estabilidad de agregados, etc); químicas, aportando nutrimentos mediante los procesos de mineralización, y sobre las biológicas, ya que mantiene la actividad microbiana del suelo (Mederos y Orellana, sf).

Las características particulares de la hojarasca de cada especie influyen en la cantidad y el tiempo en que los nutrientes son liberados al suelo durante el proceso de descomposición. Los ritmos de deposición y descomposición y liberación de nutrientes al suelo deben sincronizarse con las actividades nutrimentales de los cultivos y el mantenimiento de la actividad y funcionalidad biológica del suelo. (Beer et al., Scchrothet al., Mendonca y Stott), citado por Villegas, 2008.

1.1 Planteamiento del Problema

La aplicación de la materia orgánica a la agricultura es una práctica milenaria que ha sufrido en el pasar del tiempo un olvido a causa probablemente de la introducción de fertilizantes químicos. Sin embargo, en los últimos años se ha observado un creciente interés sobre la materia orgánica, habiendo experimentado un gran auge ligado al tema de los residuos orgánicos. Son muchos los investigadores que han reconocido los efectos benéficos en la aplicación de la materia orgánica, en cuanto a las mejoras observadas con respecto a características químicas, físicas y biológicas del mismo.

Según Sainz, (2005); indica que la materia orgánica del suelo (MO) es considerada un indicador de salud del mismo y su efecto positivo sobre la sostenibilidad del sistema productivo ha sido ampliamente documentado. Para un determinado ambiente, los niveles de materia orgánica (MO) más elevados

se encuentran en pastizales naturales, y cuando estos sistemas son cultivados, se produce una rápida caída de la MO seguida por una declinación más lenta hasta un nuevo estado estable. El nivel de MO en dicho estado va a depender del clima, suelo y del manejo del mismo (labranzas, rotaciones, secuencias de cultivos agrícolas, fertilización).

En este sentido se planteó esta investigación con la finalidad de evidenciar mediante el análisis de los residuos orgánicos depositan en el tiempo, como los cambios en las propiedades físicos-químicos del área en estudio. De igual forma en los suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, no existían estudios relacionados con la dinámica de la materia orgánica.

Estudios realizados por Melendez y Soto, (2003); nos señala que el suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de distinto origen, entre estos, restos de las plantas superiores que llegan al suelo de dos maneras: se depositan en la superficie (hojas, ramas, flores, frutos) o quedan directamente en la masa del suelo (raíces al morir). Otras dos fuentes importantes son el plasma microbiano y los restos de la fauna habitante del suelo (Meléndez y Soto, 2003).

Es por ello que planteamos este estudio con miras a cuantificar el aporte de algunas especies forestales, en relación a la biomasa producida y su efecto sobre las propiedades de suelo a lo largo de más de dos décadas.

1.2 Antecedentes

Desde la más remota antigüedad se tiene la idea de que la aportación de restos orgánicos a las tierras de cultivo mejora las cosechas; si bien, en la actualidad, aún no se sabe con certeza cómo actúa la materia orgánica según los diversos aspectos bajo los que puede ser estudiada.

Los flujos de materia orgánica que existen dentro del ecosistema pueden ser vía hojarasca por medio de la producción de residuos vegetales, que se incorporen al suelo cayendo primero sobre la capa de mantillo donde van siendo descompuestos e incorporados al suelo en función a los procesos de mineralización y humificación. (Fassbender, 1993).

La determinación analítica de la materia orgánica (MO), que puede referirse al total o al humus estable, es esencial para conocer las aportaciones de nitrógeno mineral por su mineralización progresiva a lo largo del ciclo de cultivo. La velocidad de mineralización depende de factores como el origen de la materia orgánica, el contenido en arcilla, el pH y el carbonato de calcio presente en el suelo (García, 2007).

En las últimas décadas existe un interés creciente en el estudio de los ciclos de la materia orgánica y elementos nutritivos de ecosistemas naturales tropicales.

Con el desarrollo de plantaciones forestales se establece el reciclaje de la materia orgánica de los elementos nutritivos. Estudios realizados por Fassbender, (1993); encontraron que los procesos que intervienen en la transferencia de la materia orgánica son la producción de residuos vegetales, la formación de la capa de mantillo con los procesos de humificación y mineralización y la incorporación en el suelo mineral (horizonte Ah).

Así, Fassbender (1993), citando a Brown y Lugo, encontró que, al evaluar datos de 21 ecosistemas forestales, reportaron que la madera de los tallos contribuye con un 63% de la biomasa total vegetal de los ecosistemas. Ellos han evaluado también la información mundial de las reservas de materia orgánica disponibles de aproximadamente 40 ecosistemas de áreas tropicales y subtropicales de todos los pisos altitudinales y regiones hídricas.

El contenido de materia orgánica de los diferentes suelos está determinado principalmente por el clima y por el tipo y cantidad de arcilla. El clima determina el grado de acumulación de carbono orgánico en el suelo (materia orgánica) a través de los dos factores principales: cantidad de precipitación y temperatura (Sierra y Rojas, 2008).

Nos continúa diciendo el mismo autor, que la presencia de materia orgánica permite un incremento de la población activa de hongos, bacterias, actinomicetes y algas, las cuales aceleran el flujo del ciclo orgánico en el suelo. Esto permite incrementar la biodiversidad.

1.3 Justificación

Según, Doran et al., citado por Llorente (2011); La materia orgánica juega un papel fundamental en el equilibrio del ecosistema, amortiguado cambios bruscos de humedad, temperatura o pH, así como de fenómenos de degradación edáfica tales como la compactación o la erosión del suelo. Las características del suelo condicionan la instalación, la supervivencia y la productividad de las comunidades vegetales. A su vez, la vegetación supone un factor esencial de formación del suelo. Por una parte, la vegetación es la principal fuente de MOS y, por otra, el sistema radical de las plantas sujeta el suelo, protegiéndolo de fenómenos de erosión, mejorando su estructura y su aireación (Quilchano, 1993).

Según Mafongoya, Palm y Sánchez, citado por Arroyave (2012), los árboles son capaces de mantener o aumentar la fertilidad de los suelos a través del ciclaje de nutrientes; es decir, logran el mantenimiento de la materia orgánica del suelo por medio de la producción y descomposición de la hojarasca y de los residuos de poda.

Por otro lado, Graetz citado por Julca (2006), el humus tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso.

Cuando se refiere al efecto sobre las propiedades químicas del suelo, los autores mencionan que aumenta la capacidad de cambio del suelo, la reserva de nutrimentos para la vida vegetal y la capacidad tampón del suelo favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas. Y en cuanto a su efecto sobre las propiedades biológicas, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado. Estos efectos de la materia orgánica también han sido sugeridos por otros autores.

1.3 Objetivos

1.4.1 General

- Evaluar el aporte de la materia orgánica al suelo, proveniente de diferentes especies arbóreas existentes en el jardín botánico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

1.4.2 Específicos

- Cuantificar el incremento de la materia orgánica en el suelo.
- Comparar los cambios físico-químicos de suelo del año 2016 vs año 1986-1988.
- Analizar el aporte de la hojarasca proveniente de las diferentes especies existente.
- Cuantificar el aporte de materia verdes por especies.

1.5 Hipótesis de la investigación

- La dinámica de la materia orgánica del suelo en la parcela 21-1 (Jardín Botánico), registra cambios en el tiempo, producto de la hojarasca de los arboles existentes.

1.6 Alcances y limitaciones del estudio

A pesar de que existen muchos estudios de la materia orgánica y su importancia a nivel mundial, en la actualidad en nuestro país y sobre todo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias no existen investigaciones relacionadas con el tema. Los aportes de esta investigación son de gran importancia para los investigadores y productores que utilicen estas especies.

Algunas limitaciones que se presentaron durante la investigación se debieron a que el estudio era abierto y esto trajo como consecuencia la destrucción de

trampas colectoras de material verdes por personas ajenas a la institución. Lo cual obligo a la realización de nuevas lecturas, para tener datos confiables.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Materia Orgánica en el suelo

La materia orgánica es aquella que se encuentra conformada por moléculas orgánicas resultantes de los seres vivos y la podemos hallar en las raíces, en los animales, en los organismos muertos y en los restos de alimentos.

La materia orgánica de los suelos se define como el producto de la descomposición química de las excreciones de animales y microorganismos, de residuos de plantas o de la degradación de cualquiera de ellos tras su muerte (Brady, 1984).

De igual forma, Pascual (2003), indica los beneficios de la materia orgánica y el humus almacenan muchos nutrimentos del suelo. También mejoran su estructura, sueltan suelos arcillosos, ayudan a prevenir la erosión y mejoran la capacidad de retención de nutrientes y agua de suelos arenosos o toscos. La cantidad de materia orgánica del suelo depende de la vegetación, el clima, la textura del suelo, el drenaje del mismo y de su laboreo. Los suelos minerales con mayor contenido de materia orgánica son normalmente los suelos de praderas vírgenes. Los suelos de bosques y aquellos de climas cálidos tienen una menor cantidad de materia orgánica.

En este mismo sentido se indica que la materia orgánica del suelo es uno de los materiales más complejos que existen en la naturaleza. Esencialmente todos los residuos de planta y animales retornan al suelo donde se mineralizan

o descomponen por la acción de los microorganismos, convirtiéndose en humus, el cual actúa como un depósito que libera gradualmente los elementos N, P, S y micronutrientes esenciales para la nutrición de las plantas y para la población microbiana de suelo (CENICAFE, Citado por Osorio, 2004).

2.2 Descomposición y mineralización de la materia orgánica.

Laren y Cameron (1994), definen la descomposición como: residuos orgánicos añadidos al suelo los cuales primeramente son separados de sus componentes orgánicos básicos por acción mecánica de la fauna; la acción continúa posteriormente por medio de las enzimas extracelulares liberadas por los vegetales y microorganismos fundamentalmente heterótrofos. Estos organismos son capaces de aprovechar la energía que contienen las unidades orgánicas básicas que se separan en la descomposición por medio de enzimas intracelulares. Por otro lado, se define la mineralización como la transformación de un elemento desde la forma orgánica a una inorgánica, por actividad de los microorganismos.

La descomposición es la destrucción (desintegración) de los materiales orgánicos de origen animal, microbiano o vegetal. Este proceso de desintegración engloba a su vez dos subprocesos simultáneos: la fragmentación de partículas de un tamaño mayor en otras menores, hasta que los componentes estructurales (incluidos los compuestos celulares), no son

ya reconocibles y el catabolismo de compuestos orgánicos (Mason y Satchell, citado por Álvarez, 2005).

Según, Burés (2007), la descomposición de la materia orgánica tiene lugar por distintas poblaciones de microorganismos. Los compuestos de bajo peso molecular son descompuestos principalmente por levaduras saprófitas que son los colonizadores primarios. Los colonizadores secundarios utilizan materiales más complejos, como los polisacáridos. Los colonizadores terciarios metabolizan los polímeros más complejos, como la lignina. Los microorganismos del suelo incluyen bacterias, actinomicetes, hongos, algas, protozoos y virus. La descomposición de la materia orgánica da lugar a CO₂, agua, elementos minerales y unas sustancias complejas denominadas humus, compuestos o sustancias húmicas. Las sustancias húmicas son compuestos de elevado peso molecular que se forman por reacciones secundarias de síntesis y que son distintas de cualquier sustancia presente en los organismos vivos. Las sustancias húmicas son muy resistentes.

En este mismo sentido Berg, (2000), nos indica la calidad y la cantidad de nutrimentos del suelo y la hojarasca influyen directamente en la abundancia, composición y actividades de la comunidad descomponedora, por lo tanto, las interacciones entre el clima, la calidad de la hojarasca y la comunidad descomponedora ejercen controles importantes en la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrimentos.

De igual manera Garrido (2001), establece que la descomposición de la hojarasca comprende un conjunto de procesos físicos y químicos implicados en la degradación de la materia orgánica en sus constituyentes químicos elementales que se incorporan al suelo y a la atmósfera.

- **Etapas de la descomposición y mineralización de la materia orgánica:**

Según Álvarez, (1997), la descomposición consiste en una serie de procesos físicos y químicos por medio de los cuales la hojarasca se reduce a sus constituyentes químicos elementales. Constituye éste uno de los procesos más importantes en los ecosistemas por su aporte de nutrimentos al suelo por su repercusión en el presupuesto global de carbono debido a la cantidad de este elemento que es regresada a la atmósfera, y porque a través de la propia cadena de desintegradores fluye una cantidad importante de energía que, dependiendo del estado sucesional del sistema, puede acumularse en mayor o menor medida en el suelo como mantillo y humus, entre las etapas están:

- 1) Reacción de distintos componentes del cadáver o restos vegetales entre sí, inmediatamente o poco después de la muerte del organismo. El proceso de mayor interés desde el punto de vista cuantitativo, es la reacción de compuestos fenólicos con proteínas de las células. Un ejemplo bien visible es el cambio de color pardo - otoñal de las hojas de los árboles antes de caer.

- 2) Destrucción mecánica de los residuos por la fauna, descomposición y simultánea mezcla con los componentes del suelo, particularmente arcillas y microorganismos. Las modificaciones químicas en esta etapa son muy leves.
- 3) Metabolización de los compuestos partidos y mezclados por microorganismos, mineralización. Puede establecerse un orden en la velocidad de descomposición de los distintos polímeros orgánicos, ej.: cuanto mayor el contenido de lignina del resto orgánico, tanto más lento es el proceso. A la inversa, cuanto mayor el contenido de proteínas, bases y fósforo, tanto más rápido resulta. La presencia de principios inhibidores (restos resiníferos de acículas de pino, hojas de *Eucaliptus*), retardan la mineralización. Hasta la eliminación de los inhibidores por lavado o previa acción de hongos, no continúa la mineralización (Laren y Cameron, 1994).

2.3 Factores que influyen en la descomposición de la materia orgánica en el suelo

Se sabe que clima influye directamente en la tasa de descomposición de la materia orgánica en el suelo, la cual, en conjunto con algunas características edáficas del sector, aceleran o retrasan dicha tasa. Dentro de los muchos factores que afectan la descomposición de la materia orgánica, los de mayor incidencia son la aireación, textura, pH, temperatura y humedad del suelo.

Todos estos factores en conjunto, actúan sobre las actividades biológicas, según (Garrido, citado por Navarro, 2007).

La descomposición de la materia orgánica en el suelo, el clima acondiciona el tipo de vegetación, la producción de biomasa y la actividad microbiana en el suelo, por lo que está directamente relacionado con el contenido de materia orgánica, la humedad y la temperatura también, incrementan los procesos de mineralización (Ibañez, 2006).

A medida que la materia orgánica del suelo se degrada, actúa como fuente continua de nutrientes para las plantas. La materia orgánica también estabiliza el suelo y evita la erosión eólica e hídrica. El suelo que contiene materia orgánica retiene humedad. Algunos factores que influyen en el proceso de descomposición de la materia orgánica son:

- **Temperatura**

Según, Corbella y Fernández de Ullivarrila (1999), el efecto de la temperatura resulta de la diferencia de respuesta de los procesos de producción de materia orgánica (crecimiento vegetal) y de su destrucción (descomposición microbiana) ante los incrementos de esta variable climática. En los suelos cálidos, la mineralización es acelerada, por lo que la liberación de nutrientes es rápida pero la acumulación residual de materia orgánica es menor que en

los suelos más fríos. Por lo tanto, a medida que nos trasladamos desde los climas más cálidos hacia los más fríos, el contenido de materia orgánica de suelos equiparables tiende a aumentar. Los suelos regados de las regiones desérticas calientes, se encuentran entre los de más rápida velocidad de descomposición de la materia orgánica.

Dentro de zonas de condiciones de humedad uniforme y vegetación comparable, las cantidades totales promedio de materia orgánica de los suelos aumentan de dos a tres veces por cada 10°C de disminución de la temperatura media anual. En las regiones montañosas, a medida que uno asciende desde las tierras bajas cálidas a las altas, más frías, se evidencian cambios similares en la materia orgánica del suelo (Corbella y Fernández de Ullivarrila, 1999).

- **Humedad**

La humedad del suelo también ejerce una influencia importante en la acumulación de materia orgánica en los suelos. En condiciones comparables, el contenido materia orgánica de los suelos aumenta a medida que crece la humedad efectiva. Sin embargo, al establecer esta correlación con la precipitación, se debe recordar que el nivel de materia orgánica, en cualquier suelo, está influenciado tanto por la temperatura como por la humedad y también por otros factores. (Shaxson, 2005).

Siendo el compostaje un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos, ya que es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y de los productos de deshecho de las reacciones que tienen lugar durante dicho proceso (Marquez, sf).

- **Textura**

Los suelos con textura arcillosa se caracterizan por una mayor retención de agua y nutrimentos, lo que favorece la producción de biomasa y por consiguiente un mayor contenido de materia orgánica. Aunque si los contenidos de arcilla son muy elevados podemos encontrarnos problemas de aireación que dificulten la descomposición de esa materia orgánica, que tenderá a acumularse si el suelo está permanentemente saturado de humedad, dando lugar a un suelo orgánico, como es el caso de las turberas (Ibáñez, 2006).

Por otro lado, Jenkinson, citado por Sanclemente (2012); menciona que el clima interviene de forma determinante sobre la génesis del suelo; sobre el desarrollo de la vegetación y sobre la actividad de los organismos edáficos. La humedad y temperatura son factores prioritarios en la transformación de la

materia orgánica., a igualdad de condiciones, los suelos de las zonas más cálidas contienen menos materia orgánica que los suelos de las zonas frías.

2.4 Efecto de los microorganismos del suelo.

La descomposición efectuada por organismos está caracterizada por una compleja comunidad de biota incluyendo la microflora y la fauna del suelo. Los hongos y las bacterias son fundamentalmente responsables para que se efectúen los procesos bioquímicos en la descomposición de residuos orgánicos (Tianetal, citado por Osorio 2004).

El suelo es un hábitat favorable para la proliferación de microorganismos y en las partículas que lo forman se desarrollan microcolonias. Los microorganismos aislados del suelo comprenden virus, bacterias, hongos algas y protozoos. Las concentraciones de materia orgánica son relativamente altas en dicho ambiente, el cual favorece el desarrollo de microorganismos heterótrofos (Pascual, 2003).

- **Bacterias**

Son los microorganismos más abundantes y pequeños (0,1 a 1 micras). Pueden ser aerobias (crecen con oxígeno), anaerobias (crecen sin oxígeno) o facultativas (crecen con o sin oxígeno). Pueden tolerar pH ácido (acidófilas), pH básico (basófilas) o pH neutro (neutrófilas). En suelos ácidos algunas

bacterias neutrófilas tienen la capacidad de neutralizar el suelo donde se están desarrollando para cumplir su función (Delgado, 2012).

Las principales bacterias que participan dentro de los procesos de descomposición de la materia orgánica del suelo tenemos: *Micrococcus* sp.; *Bacterium* sp.; *Bacillus* sp; *Clostridium* sp (Encarta, 2005).

Las bacterias y los hongos habitan principalmente en los suelos bien aireados, pero solamente las bacterias realizan la mayor parte de los cambios biológicos y químicos en los ambientes anaeróbicos para desarrollar el proceso de descomposición de la materia orgánica. Las bacterias que utilizan a los compuestos nitrogenados como fuente de energía incluyen a las bacterias que oxidan el amonio y lo transforman en nitritos, llamados *Nitrosomonas* y *Nitrosococcus*; y las bacterias que oxidan a los nitritos transformándolos en nitratos del genero *Nitrobacter*.

Otros de los aportes de las bacterias en la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, es la transformación a compuestos inorgánicos de azufre, la oxidación de los sulfuros y del azufre elemental para transformarse en sulfatos, realizados por las bacterias heterótrofas como las quimioautótrofas (Silvia, s.f).

- **Hongos**

Las raíces de las plantas están pobladas de hongos que aprovechan las exudaciones radiculares constituidas por azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, nucleótidos, enzimas, vitaminas y sustancias promotoras de crecimiento. Los hongos movilizan nutrimentos minerales hacia las raíces de las plantas, aumentan la capacidad de retener agua en sequía, fijan nitrógeno y fósforo y protegen las raíces de fitopatógenos por espacio y emitiendo sustancias que los inhiben. Los hongos son muy activos en las plantas y prefieren los azúcares que estas segregan por las raíces (Delgado, 2012).

Según Gamboa (2000), las bacterias y los hongos microscópicos (HM) son generalmente organismos heterótrofos que se alimenta de materia orgánica en descomposición (saprobios) o de materia viva (parásitos). Se encuentra en una variedad de hábitat, tales como cuerpos de agua dulce, mar, suelo, hojarasca, restos vegetales, restos animales estiércol y organismos vivos; y están distribuidos desde las zonas desérticas hasta las áreas más gélidas del planeta del planeta. Los microorganismos son vitales en el equilibrio ecológico del suelo; participan en la degradación de la materia orgánica permite el reciclaje de nutrientes, así como en la transformación del nitrógeno a formas disponibles para las plantas.

2.5 Hojarasca

Así, Aber y Melillo, citado por Rocha y Ramírez, (2009); encontraron que 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.

Es la capa de la superficie del suelo forestal formada por desechos orgánicos inertes de trozos de plantas (por debajo de un cierto diámetro) como hojas, corteza, ramillas, flores, frutos y otras sustancias vegetales, que han caído recientemente o que están ligeramente descompuestas (Alaska, 2008).

La capa de hojarasca es el eslabón que mantiene unidos los componentes arbóreos con el suelo, esta capa a su vez, por procesos de descomposición y mineralización, liberará nutrientes que podrán ser nuevamente absorbidos por las plantas (Farfán y Byron, 2007).

Según Fassbender 1993, en la hojarasca se diferencian tres subcapas, que reciben nombres específicos en la nomenclatura de los suelos: OL, OF, OH; L viene de "litter" o sea, hojarasca; F de fermentación o sea descomposición y H de humus, las sustancias húmicas que se van formando.

La diferenciación óptica de estos productos en el campo es sencilla. Las hojas en el momento que caen, tienen sus estructuras foliares normales. Generalmente antes de la caída, si existen procesos de degradación por causas de diferentes sustancias, especialmente enzimas, coenzimas y clorofila, las hojas adquieren el color amarillo rojizo. Pero si al momento de caer al suelo, quedan morfológicamente intactas entonces reciben el nombre de capa OL (Fassbender, 1993).

2.5.1.1 Las capas de la hojarasca:

La capa de hojarasca produce un abrigo orgánico sobre la superficie de los suelos, dando por resultado un microclima edáfico peculiar, y condiciones adecuadas para un espectro más amplio de organismos. Su descomposición contribuye a la regulación del ciclo de nutrientes y de la productividad primaria, así como al mantenimiento de la fertilidad del suelo forestal (Castellanos, 2011).

- **La capa superior**

Nos dice Flores, 2010; que la capa superior es la más externa del suelo. En la primera capa se puede encontrar las hojas caídas de los árboles, las pequeñas ramas y los restos de animales. Está formada por arena, arcilla y mantillo. El mantillo le proporciona un color oscuro. El mantillo lo producen algunos organismos vivos que habitan en el suelo. Un ejemplo sería las

bacterias y los hongos. En esta capa se pueden encontrar animales como las lombrices, los escarabajos y los topos, también hay raíces de planta.

- **La capa intermedia**

Esta capa es pobre en mantillo, pero tiene muchos nutrimentos, es decir, sustancias que pueden servir de alimentos a los animales y a las plantas. Estos nutrimentos se filtran desde la capa superior. En la capa intermedia hay trozos de rocas y raíces de los árboles. La capa inferior., está formada por trozos de roca y por la roca madre, la roca inalterada a partir de la cual se forman los suelos, en esta capa hay muy poca agua (Flores, 2010).

La descomposición y liberación de nutrimentos de la hojarasca, constituyen procesos clave para garantizar el adecuado funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos, y con ellos favorecer las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Las características particulares de la hojarasca de cada especie influyen en la cantidad y el tiempo en que los nutrimentos son liberados al suelo durante el proceso de descomposición (Villegas, 2008).

2.6 Composición bioquímica del material vegetal

Un factor predominante en las tasas de descomposición y liberación de nutrimento es la calidad de la materia foliar. La calidad de material vegetal es

definida por los constituyentes orgánicos (composición bioquímica) y los contenidos de nutrimentos.

La composición bioquímica se distingue por tener fracciones principales: la primera soluble y de fácil descomposición, que se pierde rápidamente; otra insoluble, pero de fácil descomposición, compuesta de hemicelulosa y celulosa; y una tercera compuesta de ceras, lípidos, ligninas y carbohidratos lignificados que demoran más en descomponerse (Heal et al. Citado por Oliver et al 2002).

La relación C/N es otro indicador de la susceptibilidad de la hojarasca para ser degradada. Estudios realizados han demostrado que cuando la hojarasca presenta una alta relación de carbono/nitrógeno su tasa de descomposición es lenta mientras que a una baja relación carbono/nitrógeno la tasa de liberación es mayor (Oliver et al 2002).

La celulosa, o estructuras polisacáridas, son de calidad intermedia para la descomposición y son atacados por microbios después que los carbohidratos solubles se ha agotado. Tanto polisacárido y la lignina son los compuestos orgánicos que se encuentran en la hojarasca en mayor proporción (Kogel-Kanabner. 2002). Las proteínas representan el grupo más abundante de sustancias presentes en las células de las plantas que consisten de polipéptidos y de cadenas largas de varios aminoácidos. El almidón es un

polisacárido almacenado a escala vascular que constituye una de las formas más importantes de las reservas vegetales, y consiste en dos diferentes polímeros de glucosa, amilasa y aminopectina (Fassbender y Bornemisza citado por Munguia, 2003).

El mismo autor nos indica que la lignina es considerada como el componente más importante para la determinación de las tasas de descomposición. Menciona que la lignina es una macromolécula que consiste de unidades de fenilpropano, la cual consiste predominantemente de membranas de polisacáridos lineales, esta cubre el exterior de la pared celular debido a la necesidad de una rigidez a las plantas vasculares constituyendo el tejido de sostén, es resistente comparativamente contra la descomposición microbial y solamente un reducido grupo de hongos filamentosos es capaz de transformarlo en dióxido de carbono (CO_2).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área de estudio

El presente estudio se realizó en la Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, ubicada en el corregimiento de Chiriquí, distrito de David, provincia de Chiriquí. Dentro de las siguientes coordenadas los $8^{\circ}23'35.16''$ y $8^{\circ}24'29''$ de latitud Norte y los $82^{\circ}19'17.4''$ y $82^{\circ}19'52.45''$ de longitud Oeste (PRESA, 1980). El área de estudio consta de 4.5 hectáreas. En la figura 1, se aprecia la localización del sitio de estudio.



FUENTE: www.googlemaps.com

FIGURA N°1: LOCALIZACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO. CEIACHI. F.C.A. CHIRIQUÍ-2016.

3.2 Características del sitio

- **Condición Climática**

La precipitación pluvial promedio anual, según la estación meteorológica (ETESA, 2015), durante el periodo comprendido del 2014, fue de 2626.5 milímetros.

- **Zona de Vida y Vegetación**

De acuerdo a Tosi (1987), la zona de vida del área de estudio corresponde al Bosque Húmedo Tropical Basal.

Su vegetación está compuesta de leñosas naturales. La zona está rodeada de arbustos y gramíneas existentes en áreas de los potreros. Algunas de las especies encontradas: Corotú (*Enterolobium cyclocarpum*), guachapali (*Ptyhecolobium saman*), guarumo (*Cecropia peltata*), poro-poro (*Cochlospermum vitifolium*).

- **Suelos**

Los suelos del área de estudio se caracterizan por tener una topografía plana y textura arcillosa, clasificados como Ultisoles (Sánchez, 1981). Con formaciones sedimentarias de tipo volcánico no diferenciados del terciario y de formaciones extrusivas de tipo máfico como basalto y andesita de oligoceno-mioceno. (PRESA S.A. 1980).

3.3 Metodología

El estudio se efectuó en la parcela 21-1, consta de 4500 metros cuadrados, teniendo como propósito la creación del Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en la cual se plantaron especies como acacia (*Acacia mangium*), caoba africano (*Kaya senegalensis*), eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), guayacán (*Tabebuia guayacan*), amarillo (*Terminalia amazonia*), Cabezuela roja (*Calliandra haematocephala*). Las especies mencionadas fueron plantadas en 1980, con una conformación al azar.

Con el objetivo de conocer la dinámica de la materia orgánica en el sitio a través de los 36 años de establecimiento, se planteó esta investigación cuyo carácter es exploratorio, la forma del establecimiento de las especies no permitió el uso de un diseño experimental.

El estudio se enmarcó considerando las especies que poseían mayor número de individuos agrupados en sub parcelas de forma que las muestras fueran representativas. Para cada especie se tomaron tres componentes para el estudio considerando la hojarasca, hojas verdes y muestras de suelo.

La sub parcela uno correspondió a la especie (*Acacia mangium*), con un área de 900 metros cuadrados. La sub parcela dos corresponde a (*Kaya senegalensis*), con un área de 600 metros cuadrados. La subparcela tres

corresponde a (*Eucalyptus camaldulensis*) con área de 225 metros cuadrados, figura 2.

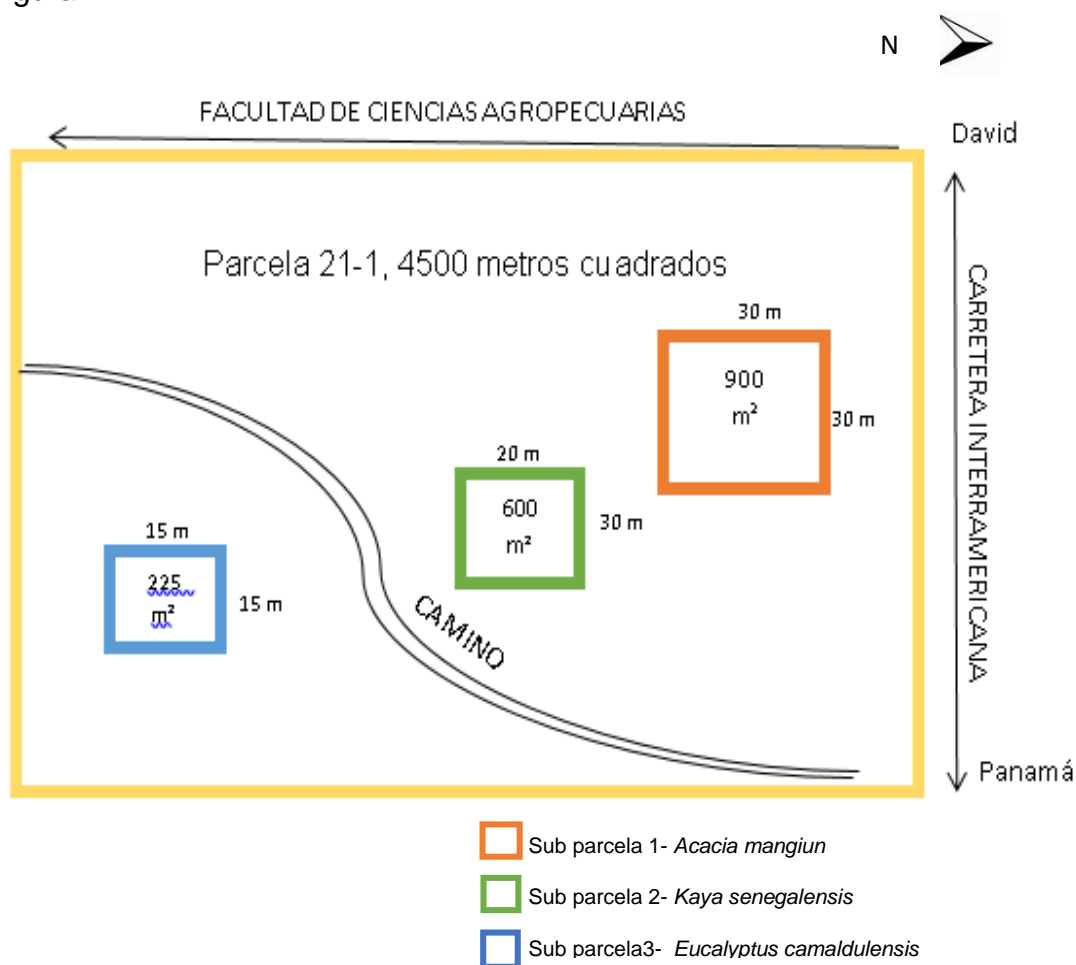


FIGURA N° 2. Ubicación de las sub parcelas de las tres especies evaluadas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Chiriquí.2016.

Etapas de campo

La investigación contó de una etapa inicial de campo que correspondió al establecimiento en sí de las parcelas y toma de muestras para cada componente y la etapa de procedimiento y análisis químicos en laboratorio, a continuación, describimos la misma.

Para la obtención de las muestras para el caso la hojarasca se utilizó un marco de 0.25 metros cuadrados, se recolectaron 10 muestras por subparcela para un total de 30 muestras con un peso de 200 gramos cada una. Para hojas verdes se colocaron trampas colectoras en cada una de las tres sub parcelas con un área de un metro cuadrado, por 15 días rotándose y tomándose cuatro muestras por subparcela por un periodo de tres meses.

Para la toma de muestras de suelo (fertilidad y materia orgánica), para la fertilidad se utilizó la metodología en zig-zag en cada una de las tres sub parcelas, a 20 centímetros de profundidad utilizando un barreno holandés. Las muestras para materia orgánica se tomaron igualmente con el barreno holandés considerando profundidades de 5, 10, 20, 60 centímetros de profundidad para un total 12 muestras.

Una vez obtenidas las muestras de hojarasca y hojas verdes de las tres sub parcelas se procedió a secado en el horno a 65°C por un tiempo de 72 horas hasta obtener un peso constante. Las muestras ya secas se fragmentaron en un molino foliar (Thomas), con un tamiz N°1 milímetros.

Etapas de laboratorio

Para determinar el contenido de nutrimentos de las especies en estudio se analizaron en el laboratorio de Suelo y Aguas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí.

Las muestras secas y molidas se incineraron a 450°C por 12 horas, los minerales fueron extraídos de las cenizas con una solución de HCl 1:1 (Beaty y Kerber, 1993).

Con este extracto se determinó el fósforo por espectrofotometría de calor utilizando molibdo-vanadato de amonio, el K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn fueron determinados por espectrofotometría de absorción atómica.

El nitrógeno fue determinado por la técnica de Kjeldahl, iniciando con una digestión ácida, seguida de una destilación en la que se capturo el nitrógeno en una solución de ácido bórico al 4% y finalmente se cuantificó el nitrógeno por titulación con HCl 0.01N.

La materia orgánica fue determinada por el método de Walkley-Black se basa en su oxidación por medio de agentes adecuados.

Parámetros evaluados:

- ✓ **% de materia orgánica:** Se utilizó la fórmula descrita por Jackson (1982).

$$\%MO = 10(1 - T/S) * F$$

Donde:

S= Valoración del blanco, ml de solución ferrosa.

T= Valoración de la muestra, ml de solución ferrosa.

F= Factor (1.34 para 0.5 gramos de suelo, 3.55 para 0.2 gramos)

- ✓ **Concentración de carbono orgánico (%CO):** Se determinan con la siguiente ecuación.

$$\%CO=0.58 * \%MO$$

Donde:

%CO= Concentración de carbono orgánico en suelo.

0.58= El uso de este factor se ha generalizado en consideración de la materia orgánica del suelo contiene un promedio 58 por ciento de carbono (Fassbender, 1980).

%MO= Porcentaje de materia orgánica.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FERTILIDAD INICIAL EN EL SUELO

El análisis físico-químico cuadro I del sitio en estudio corresponde a los años (1986-1988-2016), al comparar el aluminio que es característicos en este orden de suelo se puede observar la disminución de este producto de la neutralización de la aplicación de la enmienda calcárea. Incrementando algunos nutrimentos como calcio, magnesio y potasio; y disminución de los micronutrientes (Fe, Cu, Mn). Sin embargo, los cambios observados para el análisis practicado en el mismo sitio en el 2015, 27 años después nuestra disminución en el pH de 4.7 inicial a 4.5 actual considerado como ácido.

En el caso de fósforo tiende a disminuir, siendo característicos en estos suelos ácidos donde el fosforo es fijado. Las pérdidas de este nutrimento no son por lavado, ni por volatización, no obstante, su alta estabilidad implica baja solubilidad, así que muchos suelos tropicales tienen altas capacidad para fijarlos, causando deficiencia en la planta (Bertsch, citado por Velasco y García1986).

Al comparar los análisis de suelo del sitio en el tiempo, vemos una variación en el pH inicial (1986) con respecto a la aplicación de enmienda calcárea a (1988), teniendo un efecto positivo disminuyendo el valor de acidez (pH) en el suelo, sin embargo, para el muestreo (2016) el valor se relaciona con un suelo

ácido. Lo cual se atribuye a la extracción de bases por los arboles ya plantados.

CUADRO I. CARACTERÍSTICAS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO. JARDÍN BOTÁNICO. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. AÑOS 1986-1988-2016.

Característica del suelo	Análisis físico-químico del suelo del Jardín Botánico		
	* ^ 1986	** ^ 1988	*** 2016
Textura	-	-	Franco Arcillosos Arenoso
pH	4.7	4.9	4.5
P (ppm)	1	2.1	0.68
K (ppm)	40	101	78.4
Na (ppm)	-	-	1.42
Fe (ppm)	51.2	17	27
Cu (ppm)	15.7	23	4.7
Mn (ppm)	94.4	34	65.8
Zn (ppm)	2.2	0.57	0.73
Ca (meq/100g)	0.6	0.97	1.42
Mg (meq/100g)	0.2	0.14	0.48
Acidez (meq/100g)	-	2.7	0.15
Al (meq/100g)	5.4	1.8	-
Mat. Org. (%)	9.9	6.26	9.04

* Antes de Encalar

** Post Encalado

*** Sin Encalar (27 años después)

^ Comunicación personal, Solis, T.2014. Departamento de suelo 1980-1988. Parcela 21-1. CEIACHI.

4.2 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO PRESENTE EN EL SITIO DE ESTUDIO.

El suelo es un sistema fundamental del ecosistema forestal con características físicas, químicas y biológicas decisivas en su fertilidad, que a su vez determinan sus propiedades y los cambios que ocurren a través del tiempo, así como la influencia por efecto del cambio de uso del suelo, (Hernández, citado por Núñez y Serrano 2011).

El cuadro II, muestra los valores de la materia orgánica y contenido de carbono orgánico en el suelo a diferentes profundidades de muestreo.

La especie *Kaya senegalensis* obtuvo los mejores contenidos de carbono orgánico y materia orgánica en porcentajes, con valores de 6.18% de carbono orgánico y 10.66 % de para materia orgánica a mayor profundidad de muestreo los contenidos disminuyeron, lo cual corresponde con las afirmaciones teóricas que nos indican que la materia orgánica se encuentra depositada dentro de los primeros centímetros de suelo.

Seguido de la especie *Acacia mangium* la cual muestra igual comportamiento que la especie anterior a menor profundidad mayor contenido de carbono orgánico y materia orgánica, los valores para esta especie fueron de 5.88% de CO y 0.15 % de materia orgánica para los primeros cinco centímetros y el

menor contenido de fue de 3.06% de CO y 5.38% de materia orgánica con diferencia de 6.80% comparado con el primer valor a los cinco centímetros.

La ultima especie *Eucalyptus camaldulensis* obtuvo valores menores en comparación con las demás especies en estudio de 5.00% CO, a profundidad de muestreo de cinco centímetros muestra una disminución de los valores a mayor profundidad. Igual comportamiento se observó con la materia orgánica el porcentaje más alto fue de 8.63% y el menor de 3.86%.

CUADRO II. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA Y CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO (%CO) EN EL SUELO, A DIFERENTES PROFUNDIDADES. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. CHIRIQUÍ. 2016.

Especie	Profundidad de muestreo a los 5 cm		Profundidad de muestreo a los 10 cm		Profundidad de muestreo a los 20 cm		Profundidad de muestreo a los 60 cm	
	Materia Orgánica %	CO %	Materia Orgánica %	CO %	Materia Orgánica %	CO %	Materia Orgánica %	CO %
<i>Acacia mangiun</i>	10.15	5.88	9.65	5.59	9.04	5.24	5.38	3.06
<i>Kaya senegalensis</i>	10.66	6.18	10.15	5.88	9.24	5.35	4.47	2.59
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	8.63	5.00	5.00	5.38	4.89	5.99	3.86	2.23

4.3 CONTENIDO NUTRIMENTAL DE LA HOJARASCA DE LAS ESPECIES ARBÓREAS EN ESTUDIO.

La descomposición y liberación de nutrimentos de la hojarasca, constituyen procesos claves para garantizar el adecuado funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos, y con ellos favorecen a las propiedades de los suelos, citado por Catellanos, 2001.

En el cuadro III, muestra los contenidos nutrimentales de la hojarasca proveniente de las especies *Kaya senegalensis*, *Acacia mangiun*, *Eucalyptus camaldulensis*, en donde se observa para el caso específico del nitrógeno, que la especie *Kaya senegalensis* presentó el mayor contenido nutrimental con 21.98 kg ha⁻¹, seguido de *Acacia mangiun* con 21.82 kg ha⁻¹, *Eucalyptus camaldulensis* con 18.14 kg ha⁻¹.

Para el caso del fósforo la especie de mayor contenido la presentó *Eucalyptus camaldulensis* con 38.31 kg ha⁻¹., seguido de *Kaya senegalensis* con 23.25 kg ha⁻¹ y *Acacia mangiun* con un valor de 5.48 kg ha⁻¹. Para potasio la especie de mayor contenido nutrimental la presentó *Eucalyptus camaldulensis* con un valor de 31.21 kg ha⁻¹, seguido de *Kaya senegalensis* con 6.95 kg ha⁻¹, finalizando con *Acacia mangiun* con 1.5 kg ha⁻¹.

Para el caso del calcio la especie que obtuvo el mayor contenido fue *Eucalyptus camaldulensis* con un valor de 16.40 kg ha⁻¹. Por otra parte, *Kaya*

senegalensis obtuvo un valor de 12.34 kg ha⁻¹, seguido de *Acacia mangiun* con 9.67 kg ha⁻¹.

Para magnesio los valores fueron más bajos para las tres especies de estudio con valores menores de 1.57 kg ha⁻¹, donde este valor lo obtuvo la especie *Acacia mangiun*, posterior la especie *Kaya senegalensis* con 1.27 kg ha⁻¹, y *Eucalyptus camaldulensis* con 0.94 kg ha⁻¹.

Podemos decir que la especies de mayor ciclaje de nutrimento para hojarasca la obtuvo lo especie *Eucalyptus camaldulensis*, seguido de *Kaya senegalensis* y la especie de menor contenido fue *Accacia mangiun*. En la figura N°3, se puede apreciar gráficamente estos valores.

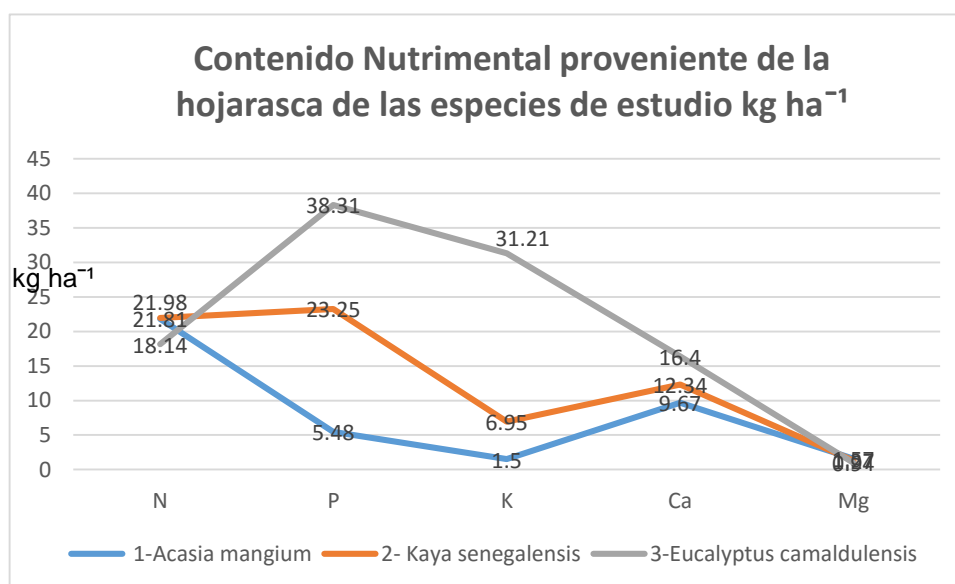


FIGURA N° 3. CONTENIDO NUTRIMENTAL PROVENIENTE DE LA HOJARASCA DE LAS TRES ESPECIES DE ESTUDIO EN kg/ha⁻¹. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. CHIRIQUÍ.2016.

Un estudio realizado por Sánchez, Martínez y Martínez, 2010 muestra los contenidos para Cacao con asocio con laurel negro de N 65.1 kg ha⁻¹, P 5.9 kg ha⁻¹, K 5.8 kg ha⁻¹, Ca 133.8 kg ha⁻¹ y Mg 29.6 kg ha⁻¹.

De igual forma este autor menciona el asocio de cacao con cedro obteniendo valores de N 73.4 kg ha⁻¹, P 4.6 kg ha⁻¹, K 13.5 kg ha⁻¹, Ca 60.5 kg ha⁻¹ y Mg 29.2 kg ha⁻¹; algunos de estos valores son similares a los que arrojó esta investigación ya que no se encontró literatura de las especies estudiadas.

CUADRO III. CONTENIDO NUTRIMENTAL PROVENIENTE DE LA HOJARASCA DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO kg ha⁻¹. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. CHIRIQUÍ. 2016.

Nutriente	<i>Acacia mangiun</i>	<i>Kaya senegalensis</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
N	21.81	21.98	18.14
P	5.48	23.25	38.31
K	1.5	6.95	31.21
Ca	9.67	12.34	16.4
Mg	1.57	1.27	0.94

4.4 CONTENIDO NUTRIMENTAL DE LAS HOJAS VERDES PROVENIENTE DE LAS ESPECIES ARBÓREAS EN ESTUDIO.

En la figura N°4, los valores obtenidos en cuanto a hojas verdes se refieren, en kg ha^{-1} de las especies estudiadas proveniente de los árboles existentes en el jardín botánico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Donde se observa que la especie *Eucalyptus camaldulensis* obtuvo el contenido más alto en cuanto a nitrógeno con un valor de 5.21 kg ha^{-1} , seguido de la especie *Acacia mangiun* con 3.72 kg ha^{-1} y *Kaya senegalensis* con un valor de 1.86 kg ha^{-1} .

Para el caso de fósforo la especie *Eucalyptus camaldulensis* obtuvo un valor de 5.51 kg ha^{-1} siendo el mayor contenido, seguida la especie *Acacia mangiun* con 4.13 kg ha^{-1} y *Kaya senegalensis* con 1.12 kg ha^{-1} .

Para potasio la especie *Eucalyptus camaldulensis* obtuvo el mayor valor con 0.88 kg ha^{-1} , seguido de la especie *Kaya senegalensis* mostró un valor de 0.51 kg ha^{-1} y *Acacia mangiun* con un valor de 0.21 kg ha^{-1} .

Para el caso de calcio la especie *Eucalyptus camaldulensis* presentó un valor de 5.10 kg ha^{-1} , seguido la especie *Acacia mangiun* mostró un valor de 1.87 kg ha^{-1} y *Kaya senegalensis* con 1.32 kg ha^{-1} .

Tanto para las tres especies de estudio el contenido nutrimental de magnesio fueron valores menores de 0.24 kg ha^{-1} poniendo así que la especie *Kaya senegalensis* obtuvo un valor de 0.09 kg ha^{-1} , siendo el valor más bajo.

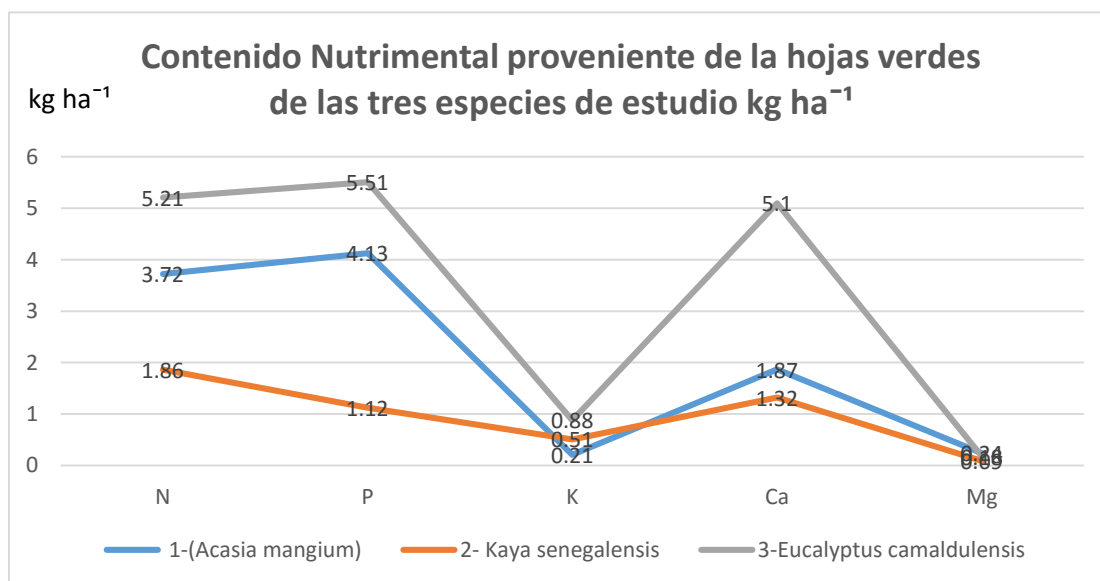


FIGURA N° 4. CONTENIDO NUTRIMENTAL PROVENIENTE DE LAS HOJAS VERDES DE LAS TRES ESPECIES DE ESTUDIO EN kg ha^{-1} . FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. CHIRIQUÍ. 2016.

Un estudio realizado por Alvarado y Raigosa (2012), muestra los nutrimentos asociados a la biomasa total y a sus componentes en algunas especies forestales en la India como *Eucalyptus globulus* en kg ha^{-1} , para N 1.042, P 43, K 227, Ca 1.044, Mg 116, del material vegetal aportado por el nogal el

eucalipto aporta 6,39 t. ha⁻¹. año⁻¹. El cuadro IV, corresponde a los valores encontrados para hojas verdes en kg ha⁻¹ y explicando el gráfico anterior.

CUADRO IV. CONTENIDO NUTRIMENTAL PROVENIENTE DE LAS HOJAS VERDES DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO kg ha⁻¹. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. CHIRIQUI. 2016.

Nutrimiento	<i>Acacia mangiun</i>	<i>Kaya senegalensis</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
N	3.72	1.86	5.21
P	4.13	1.12	5.51
K	0.21	0.51	0.88
Ca	1.87	1.32	5.1
Mg	0.24	0.09	0.18

CONCLUSIONES

- Se acepta la hipótesis alternativa que indica que la dinámica de la materia orgánica del suelo en la parcela 21-1, registra cambios en el tiempo producto de la presencia de las especies y composición bioquímicas de estas que facilitan su descomposición.
- El contenido de materia orgánica y carbono a diferentes profundidades fue de 10.66% y de 6.18% de carbono orgánico para la especie *Kaya senegalensis* seguido por *Acacia mangium* y *Eucaliptus camaldulensis*, los mayores contenidos se obtuvieron a cinco centímetros de profundidad disminuyendo a mayor profundidad.
- De acuerdo al muestreo inicial versus el final existe variación en los parámetros evaluados disminuyendo los nutrientes e incrementando el pH, atribuyéndose a la extracción de bases por los árboles.
- Se encontró que el contenido nutricional de la hojarasca en el ciclaje de nutrientes se logró analizar y se obtuvo que la especie *Kaya senegalensis* presentó el mayor contenido de nitrógeno con 21.98 kg ha⁻¹; *Eucaliptus camaldulensis* obtuvo los mayores valores de P, K y Ca con 38.31 kg ha⁻¹, 31.21 kg ha⁻¹, y 16.40 kg ha⁻¹, seguido de *Kaya senegalensis* con 23.25 kg ha⁻¹, 6.95 kg ha⁻¹, 12.34 kg ha⁻¹ y Mg de 1.27 kg ha⁻¹: la especie *Acacia mangium* con valores de P=5.48 kg ha⁻¹, K=1.5 kg ha⁻¹ y Ca=9.67 siendo

los valores más bajos. El magnesio el contenido más alto los mostró la especie *Acacia mangium* con 1.57 kg ha^{-1} .

- Según los resultados obtenidos la especie *Eucalyptus camaldulensis* obtuvo mayor ciclaje de N, P, K y Ca en hojas verdes con valores de 5.21 kg ha^{-1} , 5.51 kg ha^{-1} , 0.88 kg ha^{-1} y 5.1 kg ha^{-1} con respecto a las demás especies; el Mg se presentó con valores menores de 0.24 kg ha^{-1} para las especies de estudio.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio en época lluviosa, lo que permitirá observar si existen cambios físicos como químicos en la hojarasca.
- Realizar estudios con otras especies que aportan materia orgánica y carbono orgánico al suelo.
- Es recomendable realizar el estudio en un área donde no haya acceso continuo de personas, ya que estas puedan dañar las muestras o las trampas de recolección.
- Realizar estudios de esta índole con diferentes metodologías y marcos de mayor área.
- Se recomienda al recolectar la hojarasca realizar un lavado de las muestras después de separar el material ajeno a esta.
- Realizar muestreos para materia orgánica a mayor profundidad como 80 a 100 centímetros de suelo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alaska, G. 2008. Hojarasca. Green facts. Consultado el 26 de junio del 2014.
Disponible en: <http://www.greenfacts.org/es/dosieres/index.htm>

Alvarado, A; Raigosa, J. (2012). Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales. San Jose. Costa Rica. 415pag.

Álvarez, S. 2005. Descomposición de la materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. (En línea). Consultado en 13 de abril del 2016. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp>

Álvarez, S. 1997. Descomposición y ciclo de nutrientes, en ecosistemas terrestres de México. (En línea). Consultado el 9 de mayo del 2016. Disponible en: http://www3.inecol.edu.mx/csmbgbd/images/stories/resultados_articulos_archivos/2%20DESCOMPOSICION%20Y%20CICLO%20DE%20NUTRIENTES.pdf

Arroyave, Z. M.A. 2012. Dinámica del agua y los nutrimentos solubles en agroecosistemas cafetos. Tesis MSc. Medellin, Colombia. 95p.

Beatty, R.; Kerber, J. 1993. Concepts, instrumentation and techniques in atomic absorption spectrophotometry. Norwalk, CT, U.S.A. Perkin-Elmer Corporation. 77p.

Berg, B. 2000. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. *Forest Ecology and Management* 133: 13-22.

- Brady, J. 1984. Materia Orgánica. Consultado el 11 de junio del 2014. Disponible en: http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/telav/fundespec/materia_organica.htm
- Burés, S. 2007. Descomposición de la materia orgánica (en línea). Consultado el 9 de septiembre del 2015. Disponible en: <http://www.terralia.com/revista8/pagina20.htm>
- Carrión, M. 2010. Culiacán. Importancia de la materia orgánica en la agricultura (en línea). Culiacán-México. Consultado: 30 abr. 2014. Disponible en: http://www.agrotransfer.org/index.php?option=com_content&view=article&id=80:importancia-de-la-materia-organica-en-la-agricultura&catid=45:articulo-tecnico&Itemid=112
- Castellanos, J. San José. 2011. Descomposición de hojarasca y liberación de nutrientes en plantaciones de *Acacia mangium* (Mimosaceae) establecidas en suelos degradados de Colombia (en línea). Consultado el 11 de abril del 2014. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S003477442011000100009&script=sci_arttext
- Céspedes, C. 2007. Dinámica de la materia orgánica y de algunos parámetros fisicoquímicos en molisoles, en la conversión de una pradera a cultivo forestal en la región de piedras coloradas-argorta (Uruguay) (en línea). Consultado: 4 de agosto del 2016. Disponible en: <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000680/01/cespedes.pdf>

Collantes, A. 2013. Caracterización de materia orgánica aportada por hojarasca fina en los bosques de ribera del río Gaira (Sierra de Nevada de Santa Marta, Colombia). (En línea). Consultado el 7 de septiembre del 2016. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5344959.pdf&ved=0ahUKEwilt42Mhv7OA>

Corbella, R.; Fernández, J. Tucumán. 1999. Materia orgánica del suelo (en línea). Tucumán- Argentina. Consultado el 26 de marzo del 2014. Disponible en: <http://www.edafo.com.ar/Descargas/Cartillas/Materia%20Organica%20del%20Suelo.pdf>

Delgado, M. 2012. Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. (en línea). Consultado el 20 de noviembre del 2015. Disponible en: <http://www.oriusbiotecnologia.com/los-microorganismos-del-suelo-en-la-nutricion-vegetal>

Díaz-Romeu, R.; Hunter, A. 1978. Metodología de muestreo de suelo, análisis químico del suelo y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p.

Encarta Microsoft Corporation. 2005. Enciclopedia virtual Encarta 2006 (base de datos). US. 1 Disco compacto-DVD. 8mm.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo (en línea). Consultado 10 de abril del 2014. Disponible en: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_agronomicas/c20021221046edafo_factoresambientalesysuelos.pdf

Farfán, F y ByRon, J. 2007. Descomposición de la hojarasca y liberación de nutrientes de *Coffea arabica*, *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis*, en sistemas agroforestales con café. Consultado el 11 de jun 2014. Disponible en: [http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/205/1/arc058\(01\)020-039.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/205/1/arc058(01)020-039.pdf)

Fassbender, H W. Turrialba.1993. Modelos Edafológicos en los sistemas agroforestales. San José, Costa Rica. CATIE/GTZ. 491 p.

_____. 1980. Química de los suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica. Matilde de la Cruz, 398 p.

Flores, R. 2010. El suelo y sus características (en línea). Consultado el 15 de mayo del 2014. Disponible en: <http://www.slideshare.net/rdavidflorez/el-suelo>

Forsythe, W. 1974. San José. Física de Suelos. San José-Costa Rica. Matilde de la Cruz, 212 pág.

- García, P; Ruano, S. 2007. España. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos a España (en línea). Consultado el 15 de enero del 2015. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N\(BAJA\)_tcm7-207769.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N(BAJA)_tcm7-207769.pdf)
- Gamboa, M. 2000. Yucatan. Bacterias y hongos microscópicos. (En línea). Consultado el 18 de noviembre del 2015. Disponible en: <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap4/04%20Bacterias%20y%20hongos.pdf>
- García, A. Influencia de la Composición Química de la Hojarasca en su Descomposición en Sistemas Forestales. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Santiago de Compostela. (en línea). Consultado: 30 abr. 2014. Disponible en: [file:///C:/Users/JOSEPH/Downloads/4088-4085-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/JOSEPH/Downloads/4088-4085-1-PB%20(1).pdf)
- Garrido, M. V. 2001. Ciclos de nutrientes: producción, descomposición y dinámica de los elementos minerales de los detritos arbóreos. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca, 251p.
- Gober, J. 2006. Factores que influyen en el proceso de descomposición de la materia orgánica (en línea). Consultado el 22 de may 2014. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/factores-influyen-tasa-descomposicion-materia-organica-suelo-lista_498466/

- Ibáñez, J. 2006. Factores que intervienen en el contenido de materia orgánica en los suelos (en línea). Consultado en 9 de septiembre del 2015. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/02/08/13137>
- Instituto Nacional Geográfico Guardia Tommy. 2007. Atlas Nacional de Panamá. Panamá. República de Panamá. 290 p.
- Julca, A, 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura (en línea). Consultado el 22 de mayo 2014. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292006000100009&script=sci_arttext
- Jurado, A. 2014. Materia orgánica y cucarrones coprófagos (en línea). Consultado el 9 de septiembre del 2014. Disponible en: <http://es.slideshare.net/stevenmoreno/materia-organica-y-cucarrones-coprofagos>
- Kogel-Knabner, I. 2002. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter soil Biology. Biochemistry. EU.
- Labrador, J. 1997. La materia orgánica en los sistemas agrícolas, manejo y utilización (en línea). Consultado el 11 de abril del 2014. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_03.pdf

Laren, G y Cameron, K. 1994. Ciencia-Soil. Una introducción para las propiedades y manegement of NZ. Soil. Ed Oxford Universitypress (en línea). Consultado el 26 de marzo del 2014. Disponible en: <ftp://ftp.at.fcen.uba.ar/maestria/SUELOS/MaterialDeLectura/MAT-ORG.pdf>

Llorente, M. 2011. Aportaciones al conocimiento de la dinámica de la materia orgánica edáfica en los suelos calizos del páramo Catellenos-Leones (en línea). Consultado el 11 de jun del 2014. Disponible en: http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/1718/1/TESIS215_121025.pdf

Marquez,P. sf. Factores que afectan el proceso de compostaje (en linea). Consultado el 9 de abril del 2016. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>

Martí. J. 2002. La materia orgánica (en línea). Consultado 11 de jun del 2014. Disponible en: <http://www.actaf.co.cu/biblioteca/abonos-organicos/la-materia-organica.html>

Mederos, M; Orellana, R. sf. Efecto de la aplicación de materia orgánica en la actividad de los suelos degradados por salinidad. (en línea). Consultado el 7 de agosto del 2012. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2010/ix-congreso/cd-actas/p3-fertilidad-suelo-PDF/3-3-efectos-mederos.pdf&ved=0ahUKEwjfsq_ig_7OAhVImx4KHXWvCaoQFggbMA

Meléndez, G; Soto, G. 2003. Taller de Abonos Orgánicos. (En línea). Consultado 7 de septiembre del 2016. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%2520Taller%2520Abonos%2520Org%25C3%25A1nicos.pdf&ved=0ahUKEwiwrPG4nf7OAhVJIR4KHWZhDMoQFggcMAA&usg=AFQjCNFIJLNrwXvhVCRay9cPwlaDkwtM5Q>

Munguía, R. 2003. Tasa de descomposición y liberación de nutrientes de la hojarasca de *Eucalyptosdegluptas*, *Coffeaarabica* y hojas verdes de *Erythrinapoepigiana* solas y en mezclas. Tesis. MgCs. CATIE, Turrialba. C.R. 82p.

Navarro J; Manríquez, L. 2007. Variación del contenido de materia orgánica de suelos volcánicos sometidos a distintos manejos agrícolas. Tesis. Valdivia, Chile. 93p

Núñez, M; Serrano, B. 2011. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la Llanura Costera Norte de Nayarit, México. (en línea). Consultado el 27 de agosto del 2016. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/02-03/biociencias3-3.pdf&ved=0ahUKEwjx4v-8g-DOAhUJ9x4KHaggCJYQFgghMAE&usg=AFQjCNHYE6mxZqMrfO1Xv0lkgNQFnbkw>

Oliver, L., Pérez-Corona, M.E., Bermúdez de Castro, F. 2002. Degradación de la hojarasca en un pastizal oligotrófico mediterráneo del centro de la Península Ibérica. *Anales de Biología* 24:21.32.

- Osorio, E. 2004. Descomposición y liberación de nitrógeno de material foliar y radicular de siete especies de sombra en un sistema agroforestal con café. (En línea). Tesis. MgSc, CATIE, Turrialba. CR. Consultado el 18 de noviembre del 2015. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0280E.PDF>
- Pascual, R. 2003. La materia orgánica del suelo (en línea). Papel de los microorganismos (en línea). Ciencias Ambientales 2. Consultado el 9 de septiembre del 2015. Disponible en: http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=10&ved=0CEUQFjAJahUKEwipw9DtuOrHAhWM_YAKHUv7Bfs&url=http%3A%2F%2Fwww.ugr.es%2F~cjl%2FMO%2520en%2520suelos.pdf&usq=AFQjCNFjBpOGKfq2YLBW56WOiRUH8ngm0w
- PRESA, S.A. Chiriquí. 1980. Estudio Agrologico (tierras Patrimoniales de la Facultad de Agronomía en la Provincia de Chiriquí). Proyectos, estudios y Asesorías, S.A. Chiriquí- Panamá. 498 p.
- Quenum, E. sf. Agricultura tradicional intensiva convencional y su problemática. (en línea). Consultado: 4 de agosto del 2016. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7347/tesisUPV3220.pdf>
- Quilchano, C. (1993). Contribución al estudio de algunos parámetros edáficos relacionados con los ciclos biogeoquímicos en ecosistemas forestales. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca. Consultado el 11 de jun del 2014. Disponible en: http://campus.usal.es/~webtcicl/webdoctor/tesis/guia_tesis/c1.html

- Sainz, H. 2005. Niveles de Materia Orgánica y pH en suelos agrícolas de la región de la Pampeana y Extra pampeada argentina. (En línea). Consultado el 7 de septiembre del 2016. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/763CD09F960A786D852579830071448F/%24FILE/6.pdf&ved=0ahUKEwiH4L68k_7OAhVB0h4KHbqgCqcQFggkMAQ&usg=AFQjCNH9n5GECxhFPT9w_yZIUaw5dqIhvQ
- Rocha, A.; Ramírez, Neptalí. 2009. Producción y Descomposición de hojarasca en diferentes condiciones sucesionales del bosque de Pino-Encino en Chiapas, México. Consultado el 9 de septiembre 2016. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/577/57712091001/>
- Sánchez. J, Martínez. R, Martínez. A. 2011. Comportamiento del cacao (*Theobroma cacao*) bajo 5 especies forestales maderables no tradicionales como sombra permanente en la zona atlántica de Honduras. AGF 96-01. In: Programa de cacao y agroforestería: Informe Técnico 2010 / Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 1ª ed. La Lima, Cortés:FHIA, 95 p.
- Sánchez, P. A. 1981. Suelos del trópico. Características y manejo. San José, Costa Rica, IICA 660p.
- Sanclemente, O. 2012. Materia orgánica del suelo (en línea). Consultado el 9 de septiembre del 2015. Disponible en: [http://abonosverdesyacolchadosorganicos.wikispaces.com/file/view/PR ESENTACION+2+MATERIA+ORGANICA.pdf](http://abonosverdesyacolchadosorganicos.wikispaces.com/file/view/PR+ESENTACION+2+MATERIA+ORGANICA.pdf)

Schlatter, J. 2003. Aporte de la hojarasca al ciclo biogeoquímico en plantaciones de *Eucalyptus nitens*, X Región, Chile. (en línea). Consultado el 7 de agosto del 2016. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.scielo.cl/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS0717-92002006000200006&ved=0ahUKEwilt42Mhv7OAhWGJh4KHRD1DKYQFggbMAA&usg=AFQjCNF5tqUj2DWQgZWFQtWbtto-cmkHQ

Shaxson, F. 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. 1era Edición. Roma, Italia. 105 p. Consultado el 11 de junio de 2014. Disponible en: https://books.google.com.pa/books?id=K-JwJZw1hMwC&printsec=frontcover&dq=humedad+suelo&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=humedad%20suelo&f=false

Sierra, C y Rojas, C. 2008. Materia orgánica y sus efectos en las características físico-químicos y biológicos del suelo (en línea). Consultado el 15 de enero del 2016. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29542.pdf>

Silvia, A. (s.f.). La materia orgánica del suelo (en línea). URY. Consultado el 15 de enero del 2016. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/edafologia/curso.pdf>

Tosi, J. A. Roma. 1971. Inventario y demostraciones forestales, Panamá. Zonas de Vida. Panamá. Informe técnico. 89p.

Ugarte, A. 2008. Proceso biológico del suelo (En línea). CL. Consultado 13 de mayo del 2016. Disponible en: <http://www.sagan-gea.org/hojaredsuelo/paginas/10hoja.html>

Velasco, J; García, J. 1998. Mejoramiento del Suelo por *Accacia Mangium* en un Sistema Silvopastoril con *Brachiaria humidicola*. (En línea). Consultado 7 de septiembre del 2016. Disponible en: https://books.google.com/books?id=ZtsOAQAAIAAJ&pg=PA4&lpg=PA4&dq=aporte+de+hojarasca+de+acacia+mangium&source=bl&ots=nDdx eHSFJu&sig=8O_cqQGtOuGhCvkqy_bBp4pKG1g&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj6r-nWof7OAhUHFR4KHakODt4Q6AEIJDAB

Villegas, C. R. P. 2008. Descomposición de las hojas del cacao y de seis especies arbóreas, solas y en mezcla en Alto Beni, Bolivia. Tesis MSc, Turrialba, CATIE, Costa Rica. 96p

Zamboni, P. y Aceñolaza, P. 2003. Aporte al conocimiento de ciclos de materia de la llanura de inundación del Río Paraná: Área PNPD (en línea). Consultado el 11 de jun del 2014. Disponible en: http://insugeo.org.ar/libros/misc_12/pdf/20.pdf orgánica (MO) en formaciones boscosa