

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



EFECTO DE LA PRODUCCIÓN DE HOJARASCA DE CINCO SISTEMAS DE USO
SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN EL CASERÍO
YACUSISA, DISTRITO JOSÉ CRESPO Y CASTILLO

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

MARGOT SONIA ENA GASPAR ALEGRE

Tingo María – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 002-2022-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 09 de marzo de 2022, a horas 7:00 p.m. a través de la plataforma virtual Ms Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“EFECTO DE LA PRODUCCIÓN DE HOJARASCA DE CINCO SISTEMAS DE USO SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN EL CASERÍO YACUSISA, DISTRITO JOSÉ CRESPO Y CASTILLO”

Presentado por la Bachiller: **GASPAR ALEGRE, Margot Sonia Ena**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **Ingeniero en Conservación de Suelos y Agua**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 25 de abril de 2021

Dr. ROBERTO OBREGÓN PEÑA
PRESIDENTE



Dr. Lucio Marrique De Lara Suarez
MIEMBRO

Ing. JAIME TÓRRES GARCIA
MIEMBRO

Ing. M. Sc. JOSÉ LEVANO CRISOSTOMO
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



EFECTO DE LA PRODUCCIÓN DE HOJARASCA DE CINCO SISTEMAS DE USO
SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN EL CASERÍO
YACUSISA, DISTRITO JOSÉ CRESPO Y CASTILLO

Autor	: Gaspar Alegre, Margot Sonia Ena.
Asesor	: Ing. MSc. Lévano Crisóstomo, José D.
Programa de investigación	: Ciencias básicas.
Línea(s) de investigación	: Física y química de suelos.
Eje temático	: Recuperación de suelos degradados.
Lugar de ejecución	: Caserío Yacusisa, distrito de José Crespo y Castillo.
Duración	: 24 meses
Financiamiento	: Propio.
Monto	: 3211,30

Tingo María – Perú

2022



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN
DOCENTE Y TESISISTA

DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Facultad : Facultad de Recursos Naturales Renovables.

Título de Tesis : Efecto de la producción de hojarasca de cinco sistemas de uso sobre las propiedades químicas del suelo en el caserío Yacusisa, distrito José Crespo y Castillo.

Autor : Margot Sonia Ena, Gaspar Alegre.

Asesor de tesis : Ing. MSc. José D., Lévano Crisostomo.

Escuela Profesional : Escuela profesional de Conservación de Suelos y Agua.

Programa de investigación : Ciencias básicas.

Línea(s) de investigación : Física y química de suelos.

Eje temático de investigación: Recuperación de suelos degradados.

Lugar de ejecución : Caserío Yacusisa, distrito de José Crespo y Castillo.

Duración : Fecha de inicio 01/11/2019
: Fecha de término 30/10/2021

Financiamiento : Recursos propios. S/ 3211,30

Bach. Margot Sonia Ena, Gaspar Alegre
Tesisista

Ing. MSc. José D., Lévano Crisostomo.
Asesor

Señor Jesús, te hiciste hombre y viviste una vida humana de principio a fin. Tú nos entiendes a la perfección sin que tengamos que pronunciar palabra. Tú nos aceptas incluso aunque no seamos perfectos. Tú te inclinas hacia nosotros para levantarnos y hacernos fuertes y valientes. Por favor, cura nuestros corazones y llena nuestra vida de paz, alegría y esperanza. Pues vives y reinas por los siglos de los siglos.

Amén.

DEDICATORIA

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta que los pones frente a mí para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.

A mis queridos padres **Sonia** y **Eugenio**, gracias por todo lo que incondicionalmente me han brindado. Yo sé que el cuidado y educación de un niño no es cosa de juego, se requiere de mucha responsabilidad, la cual ustedes me han sabido inculcar con su ejemplo.

A **Shantal Mía**, mi adorada hija a quien siempre cuidaré para verla hecha persona capaces y que puedan valerse por sí mismas

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que me acogió en sus aulas; y así lograr estudiar la carrera que me apasiona, logrando culminar con éxito mi formación profesional.
- A todos mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.
- A los miembros integrantes del jurado de tesis: Ing. M.Sc. Obregón Peña Roberto; Ing. M.Sc. Manrique de Lara Suarez Lucio; Ing. M.Sc. Ruiz Castre Sandro, por el tiempo tomado para la evaluación de mi tesis.
- Al Ing. M.Sc. Lévano Crisóstomo José, catedrático de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, asesor del presente trabajo, por su función como mentor y formador, amistad y la desinteresada asistencia en la presente tesis.
- A mis hermanos: Richard, Rosalinda y José Luis; por ser los principales promotores de mí sueño; gracias a ellos por confiar, creer y las palabras de aliento; aunque a veces parece que estuviéramos en una batalla, hay momentos en los que la guerra cesa y nos unimos para lograr nuestros objetivos. Gracias por no solo ayudarme en mi formación como persona, sino por todos los bonitos momentos que pasamos en el proceso.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Situación de la deforestación en el Perú.....	3
2.2. Los bosques	3
2.3. La hojarasca.....	3
2.3.1. Descomposición de la hojarasca.....	4
2.3.2. Condiciones ambientales	5
2.4. Sistemas de uso del suelo	5
2.4.1. Sistema de bosque secundario	6
2.4.2. Sistema silvopastoril.....	6
2.4.3. Sistema de suelo con macorilla	6
2.4.4. Sistema agroforestal con cacao	6
2.5. Investigaciones realizadas	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. Lugar de ejecución	8
3.1.1. Ubicación geográfica.....	8
3.1.2. Características de las parcelas de estudio.....	8
3.1.3. Características de las parcelas en estudio.....	10
3.2. Materiales y equipos.....	14
3.2.1. Materiales	14
3.2.2. Herramientas.....	15
3.2.3. Equipos	15

3.3.	Generalidades de la investigación	15
3.3.1.	Tipo de estudio	15
3.3.2.	Nivel de estudio	15
3.3.3.	Variabes en estudio	15
3.4.	Metodología	16
3.4.1.	Elección de las parcelas	16
3.4.2.	Tratamientos	16
3.4.3.	Producción de hojarasca	16
3.4.4.	Actividades de laboratorio.....	17
3.4.5.	Cálculos para biomasa en hojarasca	18
3.4.6.	Determinación de indicadores químicos	18
3.4.7.	Proceso y análisis de datos	18
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1.	Estimación de producción de hojarasca por meses de evaluación	19
4.2.	Producción de hojarasca por sistema de uso de la tierra	22
4.3.	Propiedades químicas del suelo en los diferentes sistemas de uso	24
V.	CONCLUSIONES	26
VI.	PROPUESTA A FUTURO	27
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
	ANEXOS	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Página
1. Coordenadas de los sistemas de uso del suelo y el laboratorio	8
2. Parámetros químicos de evaluación.	18
3. Esquema del ANVA.	18
4. ANOVA de la variable producción de hojarasca entre sistemas de uso de la tierra en los meses de marzo, abril y mayo.	19
5. ANOVA de la variable producción de hojarasca en diferentes sistemas de uso en los meses de junio, julio y agosto.	19
6. Prueba Tukey de la variable producción de hojarasca (t/ha) entre sistemas de uso de la tierra durante los meses de marzo, abril y mayo.	20
7. Prueba Tukey de la variable producción de hojarasca (t/ha) en diferentes sistemas de uso durante los meses de junio, julio y agosto.	20
8. ANOVA de la variable producción de hojarasca (t/ha) por sistema de uso de la tierra.	22
9. Prueba Tukey de la variable producción de hojarasca en diferentes sistemas de uso durante los meses de junio, julio y agosto.	22
10. Niveles de propiedades químicas del suelo por tratamiento en estudio.	24
11. Formatos de campo.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Parcela silvopastoril.	11
2. Parcela con plantación de <i>Guazuma crinita</i> , propiedad de la Sra. María Abelardo Torres.....	12
3. Parcela con macorilla.	12
4. Parcela con bosque secundario.....	13
5. Parcela agrícola de cacao asociado con guaba.	14
6. Parcela agrícola de cacao asociado con guaba.	14
7. Trampas de producción de hojarasca en parcela de estudio.....	17
8. Promedios de producción de hojarasca (kg/ha) y precipitación (mm) en diferentes sistemas de uso durante los meses de evaluación.....	21
9. Promedio de producción de hojarasca (kg/ha) en diferentes sistemas de uso durante los meses de evaluación.....	23
10. Instalación de trampas de hojarasca (parcela de cacao con guaba).....	32
11. Evaluación de producción de hojarasca al primer mes de evaluación.	32
12. Molido de muestras de suelo.	33
13. Tamizado de suelo.....	33
14. Determinación de materia orgánica del suelo.	34

RESUMEN

La investigación se desarrolló en 05 parcelas diferencias por el tipo de uso del suelo, localizadas en el caserío Yacusisa, distrito José Crespo y Castillo - Huánuco. Como objetivo fueron: evaluar el efecto de la producción de hojarasca de cinco sistemas de uso (bosque secundario, silvopastoril, agroforestal, forestal y macorila) sobre indicadores químicos del suelo; como objetivos específicos: estimar la producción de hojarasca en evaluaciones periódicas de 30 días; y determinar indicadores químicos del suelo. La investigación fue observacional, nivel descriptivo. El diseño experimental fue DCA, con 05 arreglos: 04 sistemas o parcelas de diferente diversidad y complejidad estructural y 01 parcela como macorilla utilizada como control. Se realizó cada 30 días por 06 meses.

Por mes de evaluación, los resultados mostraron mayores promedios de hojarasca (600 a 850 kg/ha)., la parcela con macorilla (T₀) obtuvo menores cantidades (130 kg/ha a 160 kg/ha). Las parcelas de *Paspalum conjugatum* asociados con árboles de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook.) (T₂); *Inga edulis* asociado con *Theobroma cacao* L. (T₂) y *Guazuma crinita* Mart en macizo (T₄), mostraron valores medio de producción. La producción de hojarasca por parcela, el tratamiento T₁ y T₃ mostraron mayor producción (0.71 y 0.54 t/ha respectivamente) mientras que, el tratamiento T₀ obtuvo menor promedio (0.14 t/ha). Se encontraron mayores valores de los indicadores químicos en los suelos de los tratamientos T₁, T₃ y T₂, ocurriendo lo contrario en los tratamientos T₀ y T₄. Concluyéndose que los sistemas con bosque (T₁), cacao asociado a guaba (T₃) producen mayor cantidad de hojarasca respecto a los demás tratamientos.

Palabras clave: Producción, hojarasca, sistemas, uso, propiedades, químicas, suelo.

**EFFECT OF THE PRODUCTION OF LITTER FROM FIVE USE SYSTEMS ON
THE CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL IN THE YACUSISA FARMHOUSE,
JOSÉ CRESPO Y CASTILLO DISTRICT**

ABSTRACT

The investigation deepens in 05 different plots by the type of land use, located in the Yacusisa farmhouse, district José Crespo and Castillo - Huánuco. The objectives were: to evaluate the effect of the litter production of five use systems (secondary forest, silvopastoral, agroforestry, forestry and macorilla) on soil chemical indicators; as specific objectives: estimate the production of litter in periodic evaluations of 30 days; and determine soil chemical indicators. The research was observational, descriptive level. The experimental design was DCA, with 05 arrangements: 04 systems or plots of different diversity and structural complexity and 01 plot as a macorilla used as a control. It was performed every 30 days for 06 months.

By month of evaluation, the results showed higher litter averages (600 to 850 kg/ha). The plot with macorilla (T₀) obtained lower amounts (130 kg/ha to 160 kg/ha). *Paspalum conjugatum* plots associated with *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook.) trees (T₂); *Inga edulis* associated with *Theobroma cacao* L. (T₂) and *Guazuma crinita* Mart in massif (T₄), showed average production values. Litter production per plot, treatment T₁ and T₃ showed higher production (0.71 and 0.54 t/ha respectively) while treatment T₀ obtained lower average (0.14 t/ha). Higher values of the chemical indicators were found in the soils of treatments T₁, T₃ and T₂, the opposite occurring in treatments T₀ and T₄. Concluding that the systems with forest (T₁), cocoa associated with guaba (T₃) produce a greater amount of litter compared to the other treatments.

Keywords: Production, litter, systems, use, properties, chemicals, soil.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la degradación de las cuencas es uno de los problemas ambientales que enfrenta nuestro país, así como también a nivel mundial globalizado, una de las causas específicas es la degradación de los suelos a través del cambio de uso de la tierra, trayendo como consecuencia la erosión y la pérdida de la fertilidad del suelo. Al respecto, esta problemática fue considerada en la Declaración de Río sobre el Ambiente y el Desarrollo como principio enmarcado en la sostenibilidad al derecho del ser humano a una vida segura y productiva.

En la actualidad las cuencas hidrográficas presentan problemas de manejo y conservación del medio ambiente, particularmente en sus zonas altas, de la parte media del río Aucayacu, se evidencian problemas de degradación y pérdida de la fertilidad del suelo, ocasionada por una mala planificación del territorio basado en el uso correcto del suelo, respecto a su condición física, química y biológica del suelo. Causando un rápido agotamiento de los recursos.

El contexto actual requiere el uso de medidas inaplazables y relacionadas que contrarresten la insuficiencia de conservar y acrecentar los recursos. Como medidas de mitigación a estos impactos, se plantea la reforestación y/o creación de áreas verdes en zonas adecuadas y la ejecución de actividades necesarias que constituyen una forma eficaz de acrecentar la conciencia antropogénica y su colaboración en el amparo y disposición de recursos naturales.

Desafortunadamente en la región Huánuco, no se ejecutan buenas prácticas conservacionistas en nuestra región, como por ejemplo el manejo de pasturas, conservación del ecosistema suelo, de la mano con una óptima fertilización y mecanización acorde con la sostenibilidad con el ambiente. Asimismo, los suelos son degradados por efecto de la alta compactación generado por el desbosque, alterando sus propiedades físicas como la estructura, porosidad, aireación y otros atributos. Repercutiendo directamente en las propiedades químicas como la materia orgánica y la capacidad de retención del suelo. En consecuencia, las actividades primarias de los sistemas de uso del suelo son restringidos severamente, por ende, el reciclaje de nutrientes podría ser relativamente baja causada por la escasa o baja producción de hojarasca también por el escurrimiento del suelo.

Por lo antes mencionado, se tuvo como interrogante: ¿la producción de hojarasca de un sistema de uso de la tierra influye en las propiedades químicas del suelo?

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la producción de hojarasca de cinco sistemas de uso (bosque secundario, silvopastoril, agroforestal, forestal y macorila) sobre los indicadores químicos del suelo.

Objetivos específicos

- Estimar la producción de hojarasca de cinco sistemas de uso con pastura (bosque secundario, silvopastoril, agroforestal, forestal y macorila) en evaluaciones periódicas de 30 días.
- Establecer la producción de hojarasca por sistema de uso de la tierra.
- Determinar los indicadores químicos del suelo en los diferentes sistemas de uso.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Situación de la deforestación en el Perú

En la actualidad, el territorio peruano cuenta con una extensión aproximada de 78,8 mil. de hectáreas de bosque, ocupando el noveno lugar en el mundo. En la región selva se cuenta con 74,2 mil. de hectáreas, en la región costa con 3,6 millones y en la región sierra con 1 millón de hectáreas. Cubriendo más del 56% del territorio nacional de nuestro país. Sin embargo, según los reportes del Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA – DGFFS se reportan tasas de deforestación de aproximadamente 7388,002 hectáreas (Domínguez et al., 2013).

2.2. Los bosques

En la última década, el Perú impuso una política apropiada para la integración de los recursos naturales, específicamente dirigida para bosques naturales, tomando en consideración para el desarrollo nacional y como base fundamental de la economía del país. A pesar del esfuerzo del gobierno, la hectárea de bosque se pierde por actividades de tala y quema, estimándose que aproximadamente 250 000 hectáreas de bosque se destruyen anualmente. Generando una pérdida económica de 2,500 millones de dólares anuales.

Los bosques suministran a una extensa variedad de plantas y animales, desempeñan diversas funciones que afectan a los seres humanos. Las plantas mediante la fotosíntesis utilizan la luz del sol y el dióxido de carbono para originar hidrato de carbono (azúcares) que proveen energía; durante este proceso, las especies vegetales a través del follaje libran oxígeno, necesario para la respiración. Los bosques asimismo frenan la erosión eólica e hídrica. En aquellos ecosistemas con poca vegetación, las gotas de lluvia caen sobre grandes extensiones ocasionando el arrastre del suelo por lixiviación hacia las fuentes hídricas generando inundaciones o derrumbes. Sin embargo, en aquellos ecosistemas con considerable presencia vegetal, la energía de caída de las gotas de lluvia es disipada por la cobertura vegetal, interceptando y redistribuyendo la precipitación (Domínguez et al., 2013).

2.3. La hojarasca

Se llama hojarasca a aquel material vegetal que se va depositando sobre el suelo, provenientes de diferentes estratos de la vegetación (inflorescencias, frutos, hojas, ramas,

entre otros), “pero en los ecosistemas forestales, la fracción más significativa pertenece a las hojas”, siendo esta la estructura más abundante (Del Valle, 2003). En cualquier arquetipo de bosque, el mayor desplome de hojarasca causa cada año en un tiempo determinado. Por tanto, la conducta de una especie está relacionado a las fases fenológicas como resultado de estímulos de factores ambientales como principalmente la temperatura y la precipitación. “La hojarasca, retiene una gran proporción de nutrientes extraídos del suelo por las plantas” (Domínguez et al., 2013).

González, 2004) indica que biomasa viva es aquella que se encuentra sobre el suelo (semillas, fustes, corteza, ramas y hojas) y biomasa muerta es aquella fracción que se encuentra en estado inerte o muerto considerándose a la biomasa leñosa que no forma parte de la hojarasca.

La calidad de la hojarasca es aquella cuantía de nutriciones sujetadas en ella. Englobando un conjunto de bioelementos como calcio, potasio, magnesio, nitrógeno, fósforo, cobre, hierro, entre otros. Siendo una fuente vital de nutrientes concentrados en un ecosistema natural del suelo. Por ende, el ciclo de nutrientes está relacionado directamente con el grado de aportación y desintegración de hojarasca (Piatek, 2000).

La deposición de la hojarasca en el suelo ocasiona un mantillo orgánico, y es descompuesta mediante procesos de actividad de microorganismos y factores ambientales (temperatura, precipitación, y la intensidad solar), generando un efecto favorable sobre algunos indicadores fisicoquímicos del suelo (Isaac y Nair, 2006). En consecuencia, determina el potencial de las plantas y/o fertilidad del suelo (Aceñolaza et al., 2006).

2.3.1. Descomposición de la hojarasca

La descomposición de la hojarasca es el proceso fisicoquímico en la cual esta se descompone en su fracción química básica. Por lo que el proceso de reciclado de nutrientes es importante debido a que, por medio de la descomposición de la hojarasca, los nutrientes vuelven a su estado de disponibilidad para las plantas, y en consecuencia mejorar los suelos (mejora la estructura y capacidad de retención hídrica y de nutrientes). Por otra parte, la descomposición del material orgánico es uno de los flujos principales en el ciclo del carbono. Sin embargo, este proceso depende fundamentalmente de varios factores ambientales como, la descomposición química esencial de la propia hojarasca y organismos vivos del suelo (Mcdonald, Healey, 2000).

Pallardy (2008) menciona que “los factores ambientales influyen sobre la tasa de descomposición de la hojarasca. Debido a la regulación de la actividad microbiana por efecto de la escala de espacio y tiempo, seguida por la composición química de la hojarasca y la presencia de organismos del suelo. En conclusión, la composición química inicial de la hojarasca influye sobre la velocidad de descomposición de esta”.

2.3.2. Condiciones ambientales

Los factores climáticos (el clima) quien conjuntamente con la fauna desintegradora, las características fisicoquímicas de la hojarasca y las características del suelo que benefician la acción de los organismos desintegradores, tales como la porosidad, aireación y materia orgánica son los principales factores que regulan la descomposición de la hojarasca. La influencia factores ambientales como la temperatura y humedad sobre la descomposición de la hojarasca es difícil de cuantificar debido a la interacción entre ambos, sin embargo, intervienen en la mineralización de la fracción orgánica, especialmente a través de sus efectos sobre organismos descomponedores (McDonald y Healey, 2000).

La influencia de temperatura y humedad obedece a los requerimientos de los microorganismos implicados en el proceso como de la naturaleza del sustrato (López et al., 2010).

La intensidad y cantidad de las precipitaciones influyen durante el inicio de la descomposición de la hojarasca debido al lavado de las sustancias lábiles. En ocasiones causan retraso de la descomposición, generando condiciones anaeróbicas (Pavón et al., 2005).

La caída y descomposición de la hojarasca manifiestan modelos transitorios que manifiestan variaciones en factores ambientales como el viento, temperatura y especialmente en las precipitaciones. En zonas de selvas tropicales húmedas bajo condiciones de estación seca, se generan máximas caídas de hojarasca, y su tasa de descomposición es más rápida en el período húmedo, consiguiendo tasas de descomposición hasta de 30% más altas (Domínguez et al., 2013).

2.4. Sistemas de uso del suelo

Las actividades antrópicas generan modificaciones en el ecosistema, siendo la contaminación y desequilibrio ecológico aquellas principales actividades que se ejercen, por lo cual es razonable la conservación de las especies con la finalidad de conseguir un alto beneficio de recursos naturales sin perjudicar al ecosistema (Jaramillo, 2004).

2.4.1. Sistema de bosque secundario

Los árboles ayudan en la regulación de la concentración de dióxido de carbono en la atmosfera, siendo aptos en fijar el CO₂ través de la fotosíntesis y del almacenamiento de carbono en las estructuras leñosas de las especies vegetales por periodos alargados, siendo considerados como potencial de reservas naturales de carbono (Arévalo et al., 2003).

Los árboles acumulan fotoasimilados en mecanismos de carbono en sus estructuras leñosas por periodos prolongados. Es preciso indicar que la biomasa aérea fluctúa en relación al grado de composición florística, edad y densidad poblacional de cada estrato (Schulze, 2000).

2.4.2. Sistema silvopastoril

Los sistemas de uso con pasturas a pesar de ser un gran potencial para el almacenamiento de carbono orgánico, no utilizado para mitigar el cambio climático, por lo que si fuera bien manejado lograrían ser más trascendental que los bosques en la generación de créditos de carbono (Albrecht y Kandji, 2003).

Este conjunto de planta puede ser catalogados en función de la vía de fijación de carbono, ya sea en plantas C3 o C4. Las primeras son imperiosas en situaciones de bajas temperaturas, y mientras que las C3 muestran restricciones para invadir áreas con temperaturas mínimas medias inferiores a 9 °C (Márquez, 2002).

2.4.3. Sistema de suelo con macorilla

De acuerdo el análisis de propiedades fisicoquímica del suelo con *Pteridium aquilinum* (macorilla), estas muestras elevadas concentraciones de potasio, contrariamente al nitrógeno y fosforo con niveles bajos, en diferentes profundidades del suelo (10 y 30 cm). Mientras que, en el análisis foliar, exhibe un pH en el suelo fuertemente ácido, nivel medio de materia orgánica, textura con variación de arcilloso a franco, acentúa el fosforo, manganeso, hierro, asimismo, se muestran niveles bajos o críticos de sodio, magnesio, calcio, potasio (Ruiz et al., 2014).

2.4.4. Sistema agroforestal con cacao

Los ecosistemas agroforestales tienen mayor capacidad de acumular carbono orgánico en comparación con los cultivos convencionales, por efecto del arreglo de cultivos que se

realizan en ellos. Estos sistemas, al ser instalados conjuntamente con cultivos o frutales con especies forestales, acrecientan la captura de carbono orgánico, independientemente a las estructuras que la conforman (suelo, raíz, biomasa aérea, biomasa arbustiva), mejorando además la productividad (Lapeyre et al., 2004). Al respecto, Larrea (2007) menciona que los flujos de la fijación de carbono en sistemas agroforestales oscilan desde 0,99 a 8,02 t.C/ha al año.

2.5. Investigaciones realizadas

Díaz (2009) en su tesis sobre “Producción-descomposición de hojarasca y macroinvertebrados fragmentadores en cuatro agroecosistemas”, midió el desprendimiento de hojarasca durante 18 meses, determinando la composición químico-estructural del material foliar. Los resultados expusieron que la producción mensual media fue mayor en el agroecosistema de bambú (85,45 g/m²) decreciendo en el orden relicto de cafetal con sombrío, cafetal sin cobertura. La descomposición de hojarasca con el procedimiento de bolsas determino que la pérdida de peso depende del tipo de hoja y de los escenarios del sitio. Las hojas de relicto de selva y cafetal mostraron pérdidas de peso confrontadas con las de cafetal sin cobertura y bambu. Los cafetales sin cobertura a pesar de aportar altas concentraciones de materia orgánica y nitrógeno en la hojarasca y de poseer alta riqueza de macroinvertebrados, no se consideraron convenientes en la prestación de servicios.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La exploración se desarrolló en cinco unidades experimentales diferencias por el tipo de uso de suelo, las mismas que se encuentran en el caserío Yacusisa, inmerso a la jurisdicción política del distrito José Crespo y Castillo, provincia Leoncio Prado - Huánuco.

3.1.1. Ubicación geográfica

Las parcelas se localizan en las coordenadas UTM (Tabla 1):

Tabla 1. Coordenadas de los sistemas de uso del suelo y el laboratorio

Actividad	Sistemas de uso del suelo	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)
		E	N	
Campo	Bosque secundario	382347	9015270	633
	Silvopastoril	382132	9015209	624
	Agroforestal	382401	9015224	641
	Forestal	382395	9015221	598
	Macorilla	382389	9015268	645
Laboratorio	Laboratorio de suelos - UNAS	390254	8970735	660

3.1.2. Características de las parcelas de estudio

3.1.2.1. Altitud

La altitud que alcanza las zonas donde se pretende instalar el cultivo de bambú oscila entre los 550msnm a 1600msnm a más.

3.1.2.2. Clima, temperatura

El caserío de Yacusisa presenta un clima sub tropical, con una precipitación anual de 3000 m³, se caracteriza por presentar épocas de lluvias torrenciales y frecuentes y períodos con elevadas temperatura y mínimas lluvias durante los meses de mayo a septiembre. La zona en estudio se encuentra inmersa a zonas de selva alta presentando humedad alta con temperatura media de 25°C, 32°C como temperatura máxima y 19°C como temperatura mínima.

3.1.2.3. Precipitación

La zona de estudio describe un régimen de lluvias entre los meses de noviembre a junio con lluvias que oscilan entre los 150 a 250 mm de precipitación y los meses de menor precipitación es de julio a setiembre, haciendo un acumulado de 3000mm al año.

3.1.2.4. Topografía y morfología

Las localidades enmarcadas en el presente proyecto muestran un relieve semi - accidentado de pendientes pronunciadas, entre un rango de 25% - 65%, compuestas geográficamente por lomadas onduladas, semi-onduladas y laderas de cerros.

En el distrito en frecuentemente se cuenta con la siguiente topografía.

- a) “Valle fluvial, en inmediaciones de los ríos Aspuzana, Pucayacu, Anda, Pucate”.
- b) “Terraza aluvial: en las micro cuencas de los ríos, Aspuzana, Pucayacu, Pacae, Pendencia, Pucate y Cuchara”.
- c) “Valles sinclinal: correspondiente a las micro cuencas de los ríos: Pucayacu”.
- d) “Montaña denutativa: en la micro cuenca de los ríos, Pucayacu, Aucayacu, Pendencia y Cuchara”.
- e) “Valle encañonado: en la micro cuenca de los ríos Aucayacu, Pacae, Anda y Pendencia”.

- f) “Colinas Altas: en Aspuzana, Aucayacu, Anda, Pendencia y Cuchara”.

3.1.2.5. Hidrografía

El cauce del Huallaga fluye entre cadenas montañosas (la Cordillera Central y la Oriental de los Andes, posee una prolongación de 926 Km y su senda entre Tingo María y Aucayacu es de 57 Km.

3.1.2.6. Suelos

La geología del área de estudio es el resultado de millones de años de desarrollo y transformaciones a lo largo de incomparables procesos y la geodinámica exterior como son los desprendimientos, establecimientos, y migraciones de depósitos por efecto Aluvial y de las Rocas Intrusivas de la Tonalita - Granodiorita.

Geológicamente la representación estructural del terreno es de un relieve ondulado, y accidentado, con afloramientos rocosos y presencia de cerros pronunciados y escarpados, los estratos residen visiblemente divididos y se debe a la disgregación de las rocas que se hallaba hace muchos millones de años geológicos en superficies cercanas, dándole la configuración actual de su relieve.

3.1.2.7. Vías de acceso

El ámbito del distrito de José Crespo y Castillo se encuentra afectado por la existencia de la vía principal de la carretera asfaltada denominada Fernando Belaunde Terry, que atraviesa desde el puente de Pendencia hasta el puente sobre el río Aspuzana, además de tener vías de acceso como las que ingresan a Yacusisa, Alto Yacusisa y Alto Chimbote.

El acceso a la comunidad de intervención es por vía terrestre a unos 20 km de la ciudad de Aucayacu.

3.1.3. Características de las parcelas en estudio

3.1.3.1. Silvopastoril

La parcela pertenece al señor Teobaldo Ruiz Castellanos, cuenta con una extensión de 62 has. 10 has con cultivo de plátano de la variedad Seda e Isla, 25 has instaladas de pastura natural y mejorada, 12 has de suelo degradado (rabo de zorro).

En la presente investigación la parcela de pasto *Paspalum conjugatum*, asociados con árboles de *Calycophyllum spruceanum* Benth. Hook. (capirona) que, abarca una extensión de 10 has. La distribución de la especie forestal es de 5 x 5 en método cuadrado de siembra, con una edad de instalación de 4 años.



Figura 1. Parcela silvopastoril.

3.1.3.2. Forestal y macorilla

La parcela perteneciente al desarrollo realizado para el estudio es de propiedad de la Sra. María Abelardo Torres, tiene una extensión de aproximadamente de 18 hectáreas en totalidad hasta la parte alta de la microcuenca, lo cual cuenta con una plantación forestal de *Guazuma crinita* con un sistema de siembra de 5x5 m (plantación de macizo) con 6 años de instalación.

Como precedente, antes de la plantación, la parcela en mención abarcaba sobre su superficie a un bosque secundario que anteriormente se realizaba otro cultivo en mención. Asimismo, muestra 12 hectáreas de terreno de suelo degradado con presencia de cobertura de macorilla (antes ex cocal).

La superficie de terreno tiene 5 años de antigüedad, como precedente, anteriormente se efectuaba el cultivo de coca, dicha actividad se realizaba sin la ejecución de prácticas conservacionistas del suelo.



Figura 2. Parcela con plantación de *Guazuma crinita*, propiedad de la Sra. María Abelardo Torres.



Figura 3. Parcela con macorilla.

3.1.3.3. Bosque secundario

La superficie es de propiedad del señor Carlos Rubén Pinedo Ortiz, cuenta con 49 has de extensión (Figura 4), 7 has de cultivo de cacao, 18 has de aguajal. 10 has de plátano y 14

has de bosque secundario. La parcela con bosque secundario presenta características sobresalientes de gran variabilidad florística, a nivel del dosel como de la vegetación del sotobosque. Causado principalmente por diversas variaciones fenológicas con predominancia de especies colonizadoras después del abandono del terreno o parcela. Asimismo, debido al tipo de regeneración y a la presencia de diferentes especies de árboles remanentes quienes influyen en la composición del sitio. Por otro lado, aquellos efectos abióticos como la precipitación y elevación o altitud geográfica, son quienes determinan en mayor parte la velocidad de la sucesión.



Figura 4. Parcela con bosque secundario.

3.1.3.4. Agroforestal

La parcela es de propiedad del señor Luis Bellido, cuenta con 15 hectáreas aproximadamente de terreno, con una distribución de 3 hectáreas del sistema de platanal, 7 hectáreas de sistema bosque primario y 5 hectáreas del sistema de de *Inga edulis* (Guaba), sembrados en un método cuadrado a una distancia de 12 m x 12 m. asociado con *Theobroma cacao* L. (cacao), presenta 4 años de edad de instalación para la *Inga edulis* y *Theobroma cacao* L. Desde la instalación del cultivo de cacao, la parcela ha sido manejada a través del sistema de manejo orgánico, mediante la aplicación de enmiendas orgánicas y un control fitosanitario ecoamigable. A la fecha se han presentado eventos mínimos de daños a la plantación por efectos de plagas y enfermedades.



Figura 5. Parcela agrícola de cacao asociado con guaba.



Figura 6. Parcela agrícola de cacao asociado con guaba.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

Tablero para facilitar el registro de los datos, libreta de campo, wincha de 5 m., cinta métrica de 50 m., cuadrantes de madera de 0,5 m x 0,5 m., cuadrante de madera de 1,0 m x 1,0 m., sobre manila, bolsas de polietileno.

3.2.2. Herramientas

Machete, lima para afilar, brújula, barreno.

3.2.3. Equipos

Cámara fotográfica, computador portátil, estufa eléctrica, balanza de precisión, sistema receptor GPS (sistema de posicionamiento global).

3.3. Generalidades de la investigación

3.3.1. Tipo de estudio

El tipo de estudio de la investigación es observacional debido a que no se realiza intervención alguna sobre las parcelas en estudio. Por otra parte, de acuerdo al número de variables consideradas, la investigación es del tipo transversal, debido a que se obtendrá resultados producto de una sola observación.

3.3.2. Nivel de estudio

La investigación fue del tipo de nivel descriptivo, debido a que se realizaron muestreos de las parcelas y los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva.

3.3.3. Variables en estudio

3.3.3.1. Variable dependiente

- Producción de hojarasca
- Indicadores químicos del suelo (pH, fósforo, materia orgánica, potasio, nitrógeno, CIC).

3.3.3.2. Variable independiente

- Tipo de sistema de uso del suelo (bosque secundario, silvopastoril, agroforestal, forestal y macorila).

3.4. Metodología

3.4.1. Elección de las parcelas

Las especies vegetales fueron elegidas a través de “clusters”, concernieron a las halladas con mayor periodicidad en sistemas de uso de suelos. Por ello, para el desarrollo del trabajo se seleccionaron cinco parcelas diferenciadas por el sistema de uso (bosque secundario, silvopastoril, agroforestal, forestal y macorilla).

3.4.2. Tratamientos

El esquema experimental fue completamente aleatorio, los tratamientos radicaron en cinco arreglos: cuatro arreglos de sistemas de diferente complejidad estructural y diversidad y una parcela como macorilla manipulada como control.

Cada tratamiento conservó cinco unidades muestrales en parcelas.

Los sistemas de uso evaluados fueron:

- Tratamiento T₀ (sistema control): Este consistió en una parcela con predominancia de macorilla.
- Tratamiento T₁: Bosque secundario.
- Tratamiento T₂: *Paspalum conjugatum* (pasto), asociados con árboles de *Calycophyllum spruceanum* Benth. Hook. (capirona).
- Tratamiento T₃: *Inga edulis* (guaba), sembrados a una distancia de 12 m x 12 m. asociado con *Theobroma cacao* L. (cacao).
- Tratamiento T₄: Igual que el Tratamiento T₀ existe plantación de especies maderables a *Guazuma crinita* Mart en macizo.

3.4.3. Producción de hojarasca

Para calcular la producción de hojarasca de las especies dentro de los sistemas de uso en estudio, se utilizaron trampas radiales con una superficie propia de 0,45 m², fundadas sobre un poste radial en alambre galvanizado de 1,4 cm de diámetro con una tela fina utilizada como malla de (1,5 mm de orificio) y una profundidad de 0,4 m. Las trampas fueron

suspendidas a 1,8 m del suelo. La hojarasca de la superficie con macorilla (senescente) adjunto a los tallos o sobre el espacio del suelo se tomó en una superficie demarcada por círculos de 45 cm². Para establecer las unidades experimentales (U.E.) se eligieron cinco árboles de cada especie por arreglo y se instaló dos (2) trampas de hojarasca en el medio de la sombra proyectada por cada árbol seleccionado.

El número total de trampas o unidades experimentales fue 20. Las trampas perduraron en el campo en todo el tiempo de evaluación de la presente investigación (6 meses). Cada 30 días se colectaron la hojarasca caída en las trampas de cada árbol y fueron mezcladas para obtener los datos propios por árbol muestreado. Así, en cada muestreo se tomaron 10 trampas por cada sistema de uso en estudio.



Figura 7. Trampas de producción de hojarasca en parcela de estudio.

3.4.4. Actividades de laboratorio

La hojarasca recaudada se transportó a una superficie de preparación de muestras del “Laboratorio de Análisis de suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)”, consecuentemente se procedió a pesar las muestras y ser llevadas a estufa a 60°C hasta alcanzar masa constante (72 horas) y esta se enunció como Masa Seca por unidad de área (Jones y Case, 1990).

3.4.5. Cálculos para biomasa en hojarasca

Para la determinación de biomasa en hojarasca se usó la técnica recomendada por el ICRAF (2009):

$$\text{Biomasa} = \text{Peso húmedo} - \text{peso seco}$$

3.4.6. Determinación de indicadores químicos

Para la determinación de los indicadores químicos del suelo se utilizó diferentes metodologías, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Parámetros químicos de evaluación.

Parámetros	Metodología
Materia orgánica	Walkley y Black
pH	potenciómetro
Nitrógeno	Kjeldahl
Fósforo	Olsen
Potasio	Ácido sulfúrico
C.I.C	Acetato

Fuente: (Moscatelli et al., 2005); (Acevedo et al., 2005); Anderson e Ingram (1993).

3.4.7. Proceso y análisis de datos

El análisis estadístico de la producción de hojarasca y aportación de nutrientes de las especies en la pastura y los arreglos silvopastoriles se efectuó con el programa INFOSTAD. Se ejecutó un análisis de varianza y cuando se manifestaron efectos de los tratamientos, se ejecutó una separación de medias a través de la prueba de Tukey. En ambos casos se utilizó un nivel de significancia ($\alpha \leq 0,05$).

Tabla 3. Esquema del ANVA.

FV.	GL	SC	CM	F Calculado
Tratamiento	(t-1)	SCtrat	CMtrat	CMtra/CMee
Error experimental	(r-1)(t-1)	SCee	CMee	
TOTAL	tr-1	SCtotal		

Una vez procesadas los datos, se elaboraron cuadros y figuras que fueron interpretados y posteriormente se elaboró el informe final de la tesis.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estimación de producción de hojarasca por meses de evaluación

En las Tablas 4 y 5, se muestran los análisis de varianza realizados a las 6 evaluaciones de producción de hojarasca en los sistemas de uso de la tierra con predominancia de macorilla, bosque secundario, *Paspalum conjugatum* (pasto), asociados con árboles de *Calycophyllum spruceanum* Benth. Hook., *Inga edulis* asociado con *Theobroma cacao* L. y plantación de especies maderables *Guazuma crinita* Mart. en macizo.

Durante el periodo de investigación se ha determinado que hubo altas diferencias estadísticas entre la producción de hojarasca en los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto.

Tabla 4. ANOVA de la variable producción de hojarasca entre sistemas de uso de la tierra en los meses de marzo, abril y mayo.

FV	GL	SC	CM _a	Sig.	CM _b	Sig.	CM _c	Sig.
Trat.	4	2,26	0,56	<0,0001**	0,31	<0,0001**	0,66	<0,0001**
Error	45	0,61	0,01		0,01		0,02	
Total	49	2,87	182,10		0,32		0,68	

Tabla 5. ANOVA de la variable producción de hojarasca en diferentes sistemas de uso en los meses de junio, julio y agosto.

FV	GL	SC	CM _a	Sig.	CM _b	Sig.	CM _c	Sig.
Trat.	4	2,20	0,55	<0,0001**	0,43	<0,0001**	0,36	<0,0001**
Error	45	0,99	0,02		0,02		0,01	
Total	49	3,19	0,057		0,45		0,37	

Durante los meses de marzo (a), abril (b) y mayo (c), junio (d) julio (d), agosto (f), para el comparador de medias o prueba Tukey (Tabla 6 y 7) existió evidencia estadística de diferencias significativas entre los promedios de producción de hojarasca entre los sistemas de uso de la tierra en estudio.

Tabla 6. Prueba Tukey de la variable producción de hojarasca (t/ha) entre sistemas de uso de la tierra durante los meses de marzo, abril y mayo.

OM	Trat.	Prom _a	Sig	Trat.	Prom _b	Sig	Trat.	Prom _c	Sig
1	1	0,80	a	1	0,61	a	1	0,85	a
2	2	0,52	b	3	0,41	b	3	0,53	b
3	3	0,49	b	2	0,36	bc	2	0,53	b
4	4	0,39	b	4	0,27	c	4	0,35	c
5	0	0,14	c	0	0,13	d	0	0,15	d

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Tabla 7. Prueba Tukey de la variable producción de hojarasca (t/ha) en diferentes sistemas de uso durante los meses de junio, julio y agosto.

OM	Trat.	Prom _d	Sig	Trat.	Prom _e	Sig	Trat.	Prom _f	Sig
1	1	0,77	a	1	0,64	a	3	0,62	a
2	2	0,63	a	3	0,60	a	1	0,60	a
3	3	0,61	ab	2	0,55	a	2	0,56	a
4	4	0,42	b	4	0,48	a	4	0,52	a
5	0	0,16	c	0	0,13	b	0	0,16	b

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Las Tablas 6 y 7, muestran que, la parcela con bosque secundario (T₁) ostenta mayores promedios de producción de hojarasca respecto a los demás tratamientos (600 kg/ha a 850 kg/ha). Por otra parte, la parcela con macorilla (T₀) por el nivel de orden de producción, se ubica en promedios con menores cantidades de producción de hojarasca (130 kg/ha a 160 kg/ha).

Asimismo, las parcelas de *P. conjugatum* asociados con árboles de *C. spruceanum* (T₂); *I. edulis* asociado con *T. cacao* L. (T₂) y *G. crinita* en macizo (T₄), mostraron valores medio de producción de hojarasca durante la etapa de evaluación de la investigación. Durante los meses de evaluación, existió mayor producción de hojarasca en los tratamientos de bosque secundario y cacao asociado con guaba. Acrecentándose a partir de los meses de abril a agosto.

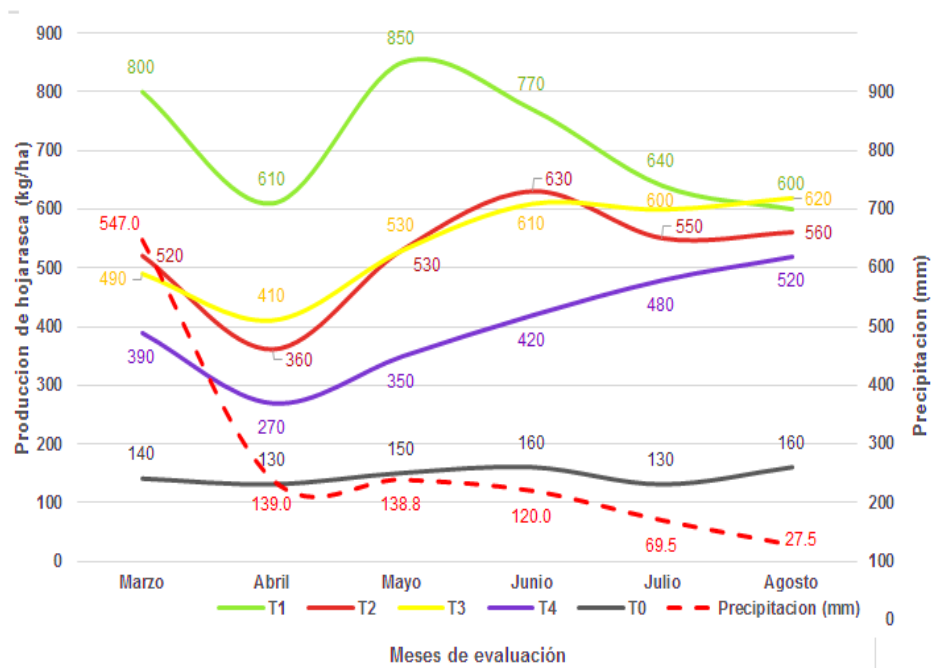


Figura 8. Promedios de producción de hojarasca (kg/ha) y precipitación (mm) en diferentes sistemas de uso durante los meses de evaluación.

Los valores de producción de hojarasca en la presente investigación evidencian un comportamiento permanente de cantidad de hojarasca en el sistema de uso de la tierra con macorilla (T₀) (Figura 1). Mientras que, los tratamientos con *P. conjugatum* asociados con árboles de *C. spruceanum* (T₂); *I. edulis* asociado con *T. cacao*. (T₂) y *G. crinita* Mart en macizo (T₄) se aprecia un incremento de la producción de hojarasca a mediados de año. Asimismo, durante la etapa de estudio, la precipitación tiende a decrecer a partir del mes de abril, existiendo un comportamiento inverso a la producción de hojarasca.

Al respecto, Schessl et al. (2008) menciona que las épocas de lluvia intervienen en la generación de la hojarasca, pero la producción corresponde colectivamente con la calidad productiva del cultivo de la localidad y con la conducta funcional de las especies vegetales del propio lugar.

Kurzatkowski et al. (2004) refiere que, las selvas tienen una producción de hojarasca que varía entre 8-10 t/ha al año, cuya tasa de descomposición se registró que los meses de mayor precipitación. Los valores del autor discrepan a los obtenidos en la presente investigación. Esta variabilidad puede ocurrir debido a factores como la extensión de los procesos de caída-descomposición de hojarasca, tipo y arquitectura de la vegetación, lo que establece la presencia de micorrizas, bacterias y fauna asociada con los procesos.

4.2. Producción de hojarasca por sistema de uso de la tierra

Para el análisis de varianza, a un 95% de confiabilidad existió alta diferencia significativa (p-valor <0,0001) entre los promedios de producción de hojarasca (t/ha) del sistema de uso de la tierra en estudio (Cuadro 8).

Tabla 8. ANOVA de la variable producción de hojarasca (t/ha) por sistema de uso de la tierra

FV	GL	SC	CMa	Sig.
Tratamiento	4	1,05	0,26	<0,0001**
Error	25	0,17	0,01	
Total	29	1,22	0,27	

El tratamiento T₁ (Bosque secundario) y T₃ (agroforestal de café con guaba) mostraron mayor producción de hojarasca (0,71 t/ha y 0,54 t/ha respectivamente) mientras que, el tratamiento testigo (T₀) obtuvo el menor promedio, con un 0,14 t/ha de hojarasca.

Tabla 9. Prueba Tukey de la variable producción de hojarasca en diferentes sistemas de uso durante los meses de junio, julio y agosto.

OM	Tratamiento	Producción de hojarasca (t/ha)	Significancia
1	1	0,71	a
2	3	0,54	a
3	2	0,52	ab
4	4	0,41	b
5	0	0,14	c

Letras diferentes muestran significancia estadística.

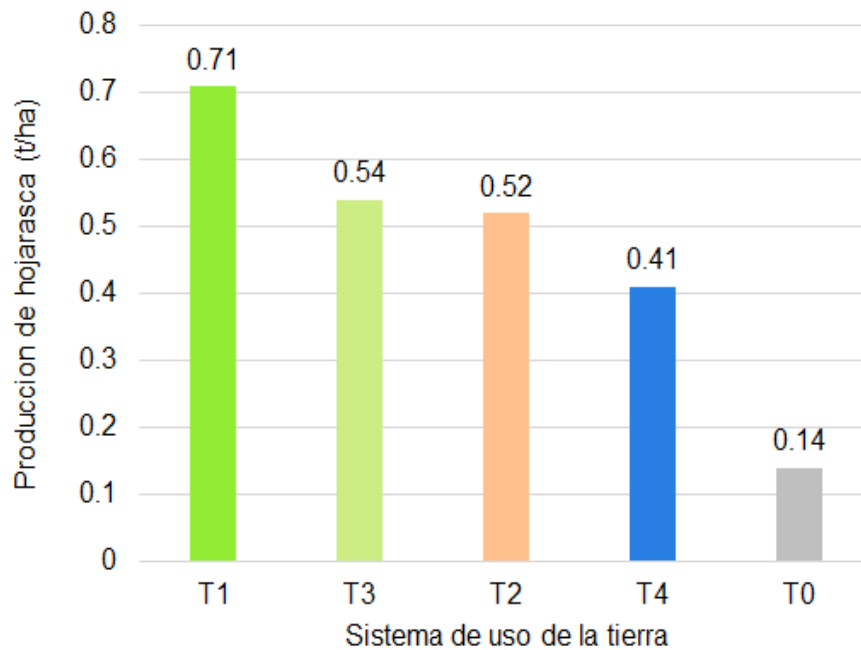


Figura 9. Promedio de producción de hojarasca (kg/ha) en diferentes sistemas de uso durante los meses de evaluación.

El tratamiento T₁ (Bosque secundario) y T₃ (agroforestal de café con guaba) mostraron mayor producción de hojarasca (0,71 t/ha y 0,54 t/ha respectivamente) mientras que, el tratamiento testigo (T₀) obtuvo el menor promedio, con un 0,14 t/ha de hojarasca. La producción de hojarasca fina en un ecosistema es la acrecimiento de los detritos vegetales aéreos contribuidos al suelo durante una fase de tiempo, enunciados en peso seco (Del Valle, 2003). Siendo contrastado con la mayor producción de hojarasca en los tratamientos con bosque secundario y cacao asociado con guaba. La mayor caída de hojarasca se registró a partir de abril, mayo junio, julio y agosto. El estrés hídrico fruto de la baja precipitación consiguió haber acrecentado la tasa de abscisión tanto de hojas como de ramas como mecanismo de defensa a la sequía. Tal como indica Bosco et al. (2004), quien refiere que, en su estudio, existió una relación de las variables climáticas respecto a la producción de hojarasca, específicamente con la temperatura ambiental, precipitaciones mensuales y la humedad relativa. Por otra parte, es preciso considerar que, la producción de hojarasca está directamente concernida con la superficie y el número de colectores de biomasa considerados en un estudio de investigación.

Al respecto, Oelbermann y Gordon (2000) refiere que, la hojarasca es la producción neta de un ecosistema y directamente proporcional al aumento de la biomasa, densidad de

árboles, entre otros. Por lo que, nuestros resultados guardan relación a lo indicado por el autor, debido al tipo de arreglo asociado por unidad experimental, siendo la parcela con macorilla (T₀) la que presenta menor producción de hojarasca durante la investigación. Debido al tamaño de la especie vegetal y características propias como hojas ampliamente apartadas unas de otras (hasta 4,5 m de largo); los pecíolos liviana a profundamente acanalados en la cara superior. Asimismo, la producción de hojarasca de los tratamientos es perturbada por diversos factores ambientales como la evapotranspiración, temperatura, precipitación, nivel altitudinal, fertilidad del suelo y la potencial.

4.3. Propiedades químicas del suelo en los diferentes sistemas de uso

En la Tabla 11 se muestra los resultados del análisis químico de suelos realizado a las unidades en estudio.

Tabla 10. Niveles de propiedades químicas del suelo por tratamiento en estudio.

Código	pH	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (kg/ha)
T ₀	3,6	1,87	0,09	8,5	152,3
T ₁	5,2	3,87	0,19	26,5	350,6
T ₂	4,1	2,57	0,133	15,6	204,4
T ₃	5,7	4,84	0,24	22,5	427,3
T ₄	4,3	2,88	0,14	31,4	322,7

De los resultados del análisis químico de suelos, el tratamiento T₀ o parcela con cobertura de macorilla, presento un pH de 3,6 (extremadamente ácido), con valores bajos de materia orgánica y nitrógeno (1,87% y 0,09% respectivamente), niveles bajos de fósforo (8,5 ppm) y muy bajo en potasio (152,3 kg/ha). Mientras que, el tratamiento T₁ o parcela con bosque secundario, mostro un pH fuertemente ácido, niveles medios de materia orgánica (3,87%) y nitrógeno disponible (0,19%), niveles normales de fosforo (15,6 ppm) y medio de potasio disponible (350,6 kg/ha). Consecuentemente, los suelos del tratamiento T₂ mostraron un pH extremadamente ácido, con niveles medios de materia orgánica (2,57%) y nitrógeno (0,13%), niveles normales de fósforo (15,6 ppm) y muy bajo en potasio (204,4 kg/ha). Asimismo, en los suelos del T₃ se determinó un pH moderadamente ácido (5,7), niveles altos de materia orgánica (4,84%) y nitrógeno disponible (0,24%), niveles normales de fósforo (22,5 ppm) y medios potasio disponible (427,3 kg/ha). los suelos del T₄, mostraron un pH extremadamente ácido, con niveles medios de materia orgánica (4,3%) y nitrógeno disponible (0,14%), niveles altos de fósforo (31,4 ppm) y medios potasio disponible (322,7 kg/ha).

Los resultados de las propiedades químicas del suelo de cada tratamiento indican que, existen mayores niveles de indicadores químicos en los tratamientos con bosque secundario, cacao asociado con guaba, siendo menor en los tratamientos con cobertura de macorilla, *G. crinita* en macizo y pastizal con *C. spruceanum*. Este comportamiento se atribuye a que los árboles en sus estructuras leñosas por periodos prolongados acumulan fotoasimilados de carbono. Asimismo, su composición florística, edad densidad de población de cada estrato por comunidad vegetal (Schulze, 2000). En ecosistemas tropicales, los nutrientes que se adhieren al suelo provienen primariamente de la hojarasca (León-Rico, 2003). Y el grado de descomposición están reguladas por factores como humedad, temperatura, macro y microorganismos y propiamente las características del suelo (Bautista y Delgado, 2005).

Isaac y Nair (2006) al respecto indica que la producción y desintegración de hojarasca son procesos del ciclo de nutrientes, ya que constituye la vital transmisión de materia orgánica y nutriente a partir de la parte aérea a la superficie del suelo. Cantú y González (2001) por su parte menciona que esta vía, conjuntamente de la precipitación directa y flujos corticales es la importante fuente de fertilización natural. Más de la mitad de la filtración anual de nutrimentos en los bosques es debido al reingreso de hojarasca al suelo y el subsecuente reciclaje de estos nutrientes, y personifica la primera fuente de minerales útiles (Del Valle-Arango, 2003). Asimismo, conservan el equilibrio dinámico del suelo, impide la erosión del suelo y son recicladores de nutrientes (Domínguez et al., 2013).

V. CONCLUSIONES

1. Existió un comportamiento creciente de la tasa de producción de hojarasca en los tratamientos con bosque secundario (T₁), cacao asociado con guaba (T₃), pastizal con capirona (T₂) y bolaina en plantación de maziso (T₄) a partir del mes de abril. La precipitación es inversamente proporcional a la producción de hojarasca. Mientras que, el tratamiento T₀ (macorilla) no mostro diferencias de producción de hojarasca.
2. El tratamiento T₁ (Bosque secundario) y T₃ (agroforestal de café con guaba) mostraron mayor producción de hojarasca (0,71 t/ha y 0,54 t/ha respectivamente) mientras que, el tratamiento testigo (T₀) obtuvo el menor promedio, con un 0,14 t/ha de hojarasca.
3. Los suelos de la parcela con cobertura de macorilla (T₀), presento un pH de 3,6 (extremadamente ácido), con valores bajos de materia orgánica y nitrógeno (1,87% y 0,09% respectivamente), niveles bajos de fosforo (8,5 ppm) y muy bajo en potasio disponible (152,3 kg/ha). Mientras que, el tratamiento T₁ o parcela con bosque secundario, mostro un pH fuertemente ácido, niveles medios de materia orgánica (3,87%) y nitrógeno disponible (0,19%), niveles normales de fosforo (15,6 ppm) y medio de potasio disponible (350,6 kg/ha). Consecuentemente, los suelos del tratamiento T₂ mostraron un pH extremadamente ácido, con niveles medios de materia orgánica (2,57%) y nitrógeno disponible (0,13%), niveles normales de fósforo (15,6 ppm) y muy bajo en potasio disponible (204,4 kg/ha). Asimismo, en los suelos del T₃ se determinó un pH moderadamente ácido (5,7), niveles altos de materia orgánica (4,84%) y nitrógeno disponible (0,24%), niveles normales de fósforo (22,5 ppm) y medios potasio disponible (427,3 kg/ha). Finalmente, los suelos del tratamiento T₄, mostraron un pH extremadamente ácido, con niveles medios de materia orgánica (4,3%) y nitrógeno disponible (0,14%), niveles altos de fósforo (31,4 ppm) y medios potasio disponible (322,7 kg/ha). Concluyéndose, que los sistemas de uso de la tierra con bosque (T₁), cacao asociado a guaba (T₃) producen mayor cantidad de hojarasca respecto a los demás tratamientos en estudio.

VI. PROPUESTA A FUTURO

1. Para posteriores investigaciones se recomienda considerar los 12 meses del año, variables ambientales (temperatura, precipitación, humedad relativa) y ubicación geográfica, con la finalidad de evaluar la producción de hojarasca por sistemas de uso de la tierra respecto a diferentes condiciones de estudio.
2. Se recomienda estimar la producción de hojarasca considerando la necromasa existente sobre el suelo de las unidades de estudio.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceñolaza, P, Zamboni, J., Gallardo, O. (2006). *Ciclos biogeoquímicos de bosques de la llanura de inundación del río Paraná (Argentina): Aporte de hojarasca*. In Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y la Química en los albores del siglo XXI. España. Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental. 529 p.
- Albrecht, A., Kandji, S. (2003). *Carbon sequestration in tropical agro-forestry systems*. Agriculture, Ecosystems and Environment. 99 p.
- Arévalo, L., Alegre, J., Palm, CH. (2003). *Manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú*. Ministerio de Agricultura. Pucallpa, Perú. 24 p.
- Bautista, F., Delgado, C. (2005). *Descomposición de hojarasca y abundancia de macroinvertebrados por el uso de mantillos y cultivos de cobertera*. 269 p.
- Bosco, A., Dons, K., Oberthur, T., Smith Olsen, C., Raebild, A., Usma, H. (2004). *The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia*. Agriculture, Ecosystems and Environment 129 p.
- Cantú, A., González, E. (2001). *Ciclo de nutrimentos y actividad microbiana en cafetales a libre exposición solar y con sombrío de Inga spp*. Cenicafé 127 p.
- Del Valle, J. (2003). *Cantidad, calidad y nutrientes reciclados por la hojarasca fina en bosques pantanosos del Pacífico Sur Colombiano*. Interciencia 28 p.
- Del Valle-Arango, J. (2003). *Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos del Pacífico Colombiano*. Interciencia 153 p.
- Díaz, P. (2009). *Caída de hojarasca y tasas de descomposición de las hojas de Vochysia guatemalensis en una plantación de 10 años, Tabarcia de Mora, Costa Rica*. Agronomía Costarricense 78 p.
- Domínguez, G., González, R., Ramírez, A., Estrada, I., Cantú, M., Gómez, J., Villarreal, M., Alvarado, G., Alanís. P. (2013). *Diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco durante las épocas seca y húmeda*. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 106 p.

- González, G. (2002). *Soil organisms and litter decomposition*. pp. 315-329. In: Ambasht, R.S., Ambasht, N.K. (Eds.), *Modern trends in Applied Terrestrial Ecology*. Kluwer Academic / Plenum Publishers. 165 p.
- González, G. (2004). *Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forest*. Ecology 964 p.
- González, G., Seastedt, T. (2011). *Comparison of the abundance and composition of litter fauna in tropical and subalpine forests*. 44 p.
- Isaac, J., Nair, L. (2006). *Comparative study of the composition of organic matter in temperate and tropical regions*. Soil Science 68 p.
- Jaramillo, V. (2004). *El ciclo global del carbono*. En: Martínez, J., Fernández, A.B., (eds.). *Cambio climático: una visión desde México*. INESEMARNAT, México. P. 77-85.
- Jones, O., Case, I. (1990). *Canopy cover effects on mass loss, and nitrogen and phosphorus dynamics from decomposing litter in oak and pine stands in northern Lower Michigan*. Management 80 p.
- Kurzatkowski, D., Martius, C., Höfer, H., Garcia, M., Förster, B., Beck, L., Vlek, P. (2004). *Litter decomposition, microbial biomass and activity of soil organisms in three agroforestry sites in central Amazonia*. Nutrient Cycling in Agroecosystems 267 p.
- Lapeyre, T., Alegre, J., Arévalo, L. (2004). *Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú*. *Revista Ecología Aplicada*. 44 p.
- Larrea, C. (2007). *Determinación de las reservas de carbono en la Biomasa aérea de combinaciones agroforestales de Theobroma cacao L.* [Tesis Ing. Ambiental. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva]. p. 06-84.
- León-Rico, R. (2003). *Efectos de la descomposición, la frugivoría y la remoción de frutos y semillas de especies arbóreas sobre los patrones de descomposición in situ en el suelo de la selva húmeda*. pp. 89-107. En: Álvarez-Sánchez, J., Naranjo-García, E. (Eds.), *Ecología del Suelo en la Selva Tropical Húmeda de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Facultad de Ciencias. Instituto de Ecología, AC. México. 132 p.
- López, H., González, I., Cantú, R., Ramírez, M., Gómez, M., Pando, J., Sarquís, N., Coria, R., Maiti, N., Sarkar. (2010). *Adaptation of native shrubs to drought stress in northeastern Mexico*. *International Journal of Bio-resource and Stress Management* 1(1): 330 p.

- López-Portillo, J., Ezcurra, E. (2013). *Litterfall of Avicennia germinans L. in a one-year cycle in a mudflat at the Laguna de Mecoacán, Tabasco, México*. *Biotropica* 190 p.
- Márquez, E. (2002). *Distribución altitudinal de gramíneas de páramo como respuesta a las rutas metabólicas y los mecanismos de resistencia a las bajas temperaturas*. Mg. Sc. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 88 p.
- Mcdonald, M., Healey, J. (2000). Nutrient cycling in secondary forests in the Blue Mountains of Jamaica. *Forest Ecology and Management*. 278.
- Oelbermann, J., Gordon, J. (2000). Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 331 p.
- Pallardy, (2008). Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía Peruana. *Folia Amazonica* 97 p.
- Pavón, H., Briones, J., Flores. I. (2005). Litterfall production and nitrogen content in an intertropical semi-arid Mexican scrub. *Journal of Arid Environments*, 132 p.
- Piatek, K., Alen. P. (2000). Site preparation effects on foliar N and P use, retranslocation, and transfer to litter in 15-years old Pinus taeda. *Forest Ecology and Management*, 129 p.
- Ruiz, S., Manrique, L., Lindo, C. (2014). Efecto de la *Pteridium aquilinum* (macorilla) como cobertura nativa en la fertilidad de un suelo degradado en Tingo María. *Investigación y Amazonía*. 35 p.
- Schessl, M., Da Silva, W., Gottsberger, G. (2008). Effects of fragmentation on forest structure and litter dynamics in Atlantic rainforest in Pernambuco, Brazil. *Flora* 203: 215- 228.
- Schulze, E., Wirth, C., Heimann, M. (2000). *Managing forests after Kyoto*. Science. 289 p.

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 10. Instalación de trampas de hojarasca (parcela de cacao con guaba).



Figura 11. Evaluación de producción de hojarasca al primer mes de evaluación.



Figura 12. Molido de muestras de suelo.



Figura 13. Tamizado de suelo.



Figura 14. Determinación de materia orgánica del suelo.

Anexo 2. Formatos de recolección de datos

Tabla 11. Formatos de campo.

Sub-parcela	Peso muestra fresca (gr)	Peso submuestra fresca (gr)	Peso submuestra seca (gr)	Materia seca (%)
A1				
A2				
A3				
A4				
A5				
A6				
A7				
A8				
A9				
A10				

BIOMASA DE HOJARASCA					
campo		Gabinete			
Subparcela	Peso Fresco MV (Kg)	Peso submuestra MV (Kg)	Peso seco submuestra MS (kg)	Peso seco m ² (kg)	Biomasa MS t.ha ⁻¹
A1					
A2					
A3					
A4					
A5					
A6					
A7					
A8					
A9					
A10					
			PROMEDIO		0.491
			Desviación estándar		0.14

Anexo 3. Estimación de propiedades químicas

Materia orgánica (método de Walkley y Black)

Se pesó 1g de suelo y depositarlo en un Erlenmeyer de 250 mL, agregar 10 mL. de dicromato de potasio 2 N y añadir 10 mL de ácido sulfúrico Q.P 96%.

Mezclar para homogenizar la solución y dejar reposar por 2 horas a más, llevar a volumen de 100 mL con agua destilada, tomar 20 mL.

De esta solución en un vaso de precipitado titularlo; agregar 2 a 3 gotas de indicador de difenil-amina. Titular con sal de Mohr 0,2 N. El cambio de color verde oscuro a verde brillante indicará el final de la titulación; anotar el gasto de solución de Mohr, paralelo a esto realizar un blanco (sin muestra).

$$\% \text{ M.O.} = \frac{(a - bf) 0.003 \times 1.724}{P} 100$$

Donde:

a = ml de bicromato de potasio utilizado.

b = ml de sal ferrosa o sal de Mohr gastado (gasto de titulación).

0,003 = Factor del carbón.

1,724 = Factor de Van Vammelen.

p = peso de muestra de suelo.

– Determinación del pH (método del potenciómetro)

Se pesó 20 gr. de suelo, luego se añadió 20 ml de agua destilada y se agito por 10 minutos. Se calibró el potenciómetro con la solución buffer 7,0 y 4,0, además se limpió el electrodo de vidrio (sensible a los cambios de pH) con agua destilada, se secó y sumergió en la muestra, tratando que no choque al fondo. Se procedió con la lectura cuando el potenciómetro se estabilizó.

– Determinación del fósforo disponible (método de Olsen modificado)

Se pesó 2 gr de suelo, luego se agregó carbón activado. A la mezcla se añadió 20 ml de NaHCO₃ (bicarbonato de sodio) 0,5 M pH 8,5, luego se llevó al agitador por 15 minutos para después ser filtrado. Del filtrado se tomó 3ml, después se añadió 10ml de molibdato de amonio, luego se procedió a agregar 0,01gr de ácido ascórbico por muestra y se mezcló inmediatamente. Se tornó de color azul en la muestra se llevó al espectrofotómetro para la lectura correspondiente; la lectura en el espectrofotómetro fue a una banda de 660 nm, después de 5 minutos.

– Determinación del Potasio disponible (método del ácido sulfúrico 6N)

Se pesó 5 gr de suelo en un vaso de plástico, luego se agregó 25 ml de ácido sulfúrico 6 N, se agito por espacio de 10 minutos, al final se filtró para obtener el extracto y se realizó diluciones de 1/100. La lectura se tomó en el espectrofotómetro de absorción atómica.