



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y
DESARROLLO**

TESIS

**DINÁMICA DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LA HOJARASCA FINA EN
DIFERENTES PLANTACIONES: *Ormosia coccinea* (AUBL.) JACKSON
“HUAYRURO”, *Cedrelinga catenaeformis* (DUCKE) DUCKE “TORNILLO”
Y BOSQUE SECUNDARIO DE TIERRA FIRME, IQUITOS-PERÚ, 2016**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA EN CIENCIAS
CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y DESARROLLO**

PRESENTADO POR: PATRICIA GIOVANNA GONZALES GRANDEZ

ZYLLA MELVET SANCHEZ VELA

ASESORA: BLGA. CAROL MARGARETH SANCHEZ VELA, DRA.

IQUITOS, PERÚ

2021



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y
DESARROLLO**

TESIS

**DINÁMICA DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LA HOJARASCA FINA EN
DIFERENTES PLANTACIONES: *Ormosia coccinea* (AUBL.) JACKSON
“HUAYRURO”, *Cedrelinga catenaeformis* (DUCKE) DUCKE “TORNILLO”
Y BOSQUE SECUNDARIO DE TIERRA FIRME, IQUITOS-PERÚ, 2016**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA EN CIENCIAS
CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y DESARROLLO**

PRESENTADO POR: PATRICIA GIOVANNA GONZALES GRANDEZ

ZYLLA MELVET SANCHEZ VELA

ASESORA: BLGA. CAROL MARGARETH SANCHEZ VELA, DRA.

IQUITOS, PERÚ

2021



UNAP

Escuela de Postgrado "JOSÉ TORRES VÁSQUEZ"
Oficina de Asuntos Académicos



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
048-2021-OAA-EPG-UNAP

Con **Resolución Directoral N° 0608-2021-EPG-UNAP**, se autoriza la sustentación de la Tesis denominada: "DINÁMICA DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LA HOJARASCA FINA EN DIFERENTES PLANTACIONES: *Ormosia coccinea* (AUBL.) JACKSON "HUAYRURO", *Cedrelinga catenaeformis* (DUCKE) DUCKE "TORNILLO" Y BOSQUE SECUNDARIO DE TIERRA FIRME, IQUITOS - PERÚ, 2016", teniendo como jurados a los siguientes profesionales:

Blgo. Alberto García Ruiz, Dr.	Presidente
Blgo. Roberto Pezo Díaz, Dr.	Miembro
Blgo. Arturo Acosta Díaz, Dr.	Miembro
Blga. Carol Margareth Sánchez Vela, Dra.	Asesora

A los diez días del mes de setiembre del 2021, a las 10:00 a.m. en la modalidad virtual zoom institucional de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se constituyó el Jurado Evaluador y dictaminador, para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis denominada: "DINÁMICA DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LA HOJARASCA FINA EN DIFERENTES PLANTACIONES: *Ormosia coccinea* (AUBL.) JACKSON "HUAYRURO", *Cedrelinga catenaeformis* (DUCKE) DUCKE "TORNILLO" Y BOSQUE SECUNDARIO DE TIERRA FIRME, IQUITOS - PERÚ, 2016" presentado por las señoras ZYLLA MELVET SÁNCHEZ VELA y PATRICIA GIOVANNA GONZALES GRÁNDEZ, como requisito para obtener el **Grado Académico de Maestra en Ciencias con mención en Ecología y Desarrollo**, que otorga la UNAP de acuerdo a la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

Después de haber escuchado la sustentación y luego de formuladas las preguntas, éstas fueron:

..... *Abiertas correctamente*

El Jurado, después de la deliberación correspondiente en privado, llegó a las siguientes conclusiones, la sustentación es:

1. Aprobado como: a) Excelente () b) Muy bueno () c) Bueno (X)
2. Desaprobado: ()

Observaciones : *Las qe se plantearon en la sustentación*

A Continuación, el Presidente del Jurado, da por concluida la sustentación, siendo las *11:45 horas* del diez de setiembre del 2021; con lo cual, se le declara a la sustentantes... *APTAS*... para recibir el **Grado Académico de Maestra en Ciencias con mención en Ecología y Desarrollo**.

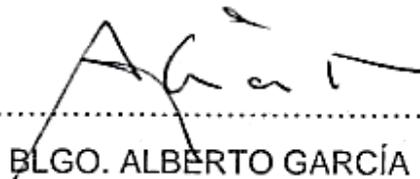

Blgo. Alberto García Ruiz, Dr.
Presidente


Blgo. Roberto Pezo Díaz, Dr.
Miembro

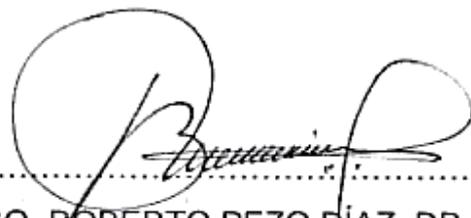

Blgo. Arturo Acosta Díaz, Dr.
Miembro


Blga. Carol Margareth Sánchez Vela, Dra
Asesor

TESIS APROBADA EN SUSTENTACIÓN PÚBLICA DEL DÍA 10 MES SETIEMBRE DEL AÑO 2021, EN LA MODALIDAD VIRTUAL ZOOM INSTITUCIONAL DE LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA, EN LA CIUDAD DE IQUITOS-PERÚ.



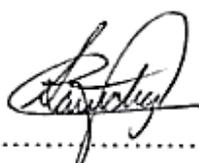
BLGO. ALBERTO GARCÍA RUIZ, DR.
PRESIDENTE



BLGO. ROBERTO PEZO DÍAZ, DR.
MIEMBRO



BLGO. ARTURO ACOSTA DÍAZ, DR.
MIEMBRO



BLGA. CAROL MARGARETH SÁNCHEZ VELA, DRA.
ASESORA

A Dios a quién amo y admiro; a mi madre Nancy Nilda Grández Vásquez, por su noble dedicación, por su amor, y por guiarme siempre; a mí adorado hijo, Mathías Fabián por ser el motivo de mi vida e impulsarme a seguir adelante.

Patricia Giovanna Gonzales Grández

A Dios por su amor, a la memoria de mi hijo Jairito Madiám, mi papá Jairo Didí que con sus recuerdos de su existencia y sus sonrisas me motivan a seguir adelante cada día y a mi mamá Dorila por su amor y confianza puesta en mí.

Zylla Velvet Sánchez Vela

AGRADECIMIENTO

Como prioridad en nuestra vida agradecemos a Dios por su infinita bondad, y por haber estado con nosotras en los momentos que más lo necesitábamos, por brindarnos la salud, fortaleza, responsabilidad y sabiduría, para poder culminar un peldaño más de nuestras metas.

A la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) por brindarnos las instalaciones del Laboratorio del Departamento de Fauna.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) por brindarnos las parcelas experimentales donde se llevó a cabo el trabajo de campo.

Agradecer de manera especial a la asesora Dra. CAROL MARGARETH SÁNCHEZ VELA por sus consejos y orientación para desarrollar el presente trabajo de investigación.

Agradecer a los Blgos. James Beuzeville, Fernando Ferro, Louis Funes, Blga. Jenny Pizango, y al br. Guillermo Mendoza y a los estudiantes de la Facultad de Ciencias Biológicas, por su apoyo en el trabajo de campo y en laboratorio.

A nuestros familiares y amigos por sus apoyos y colaboración incondicional para la culminación de nuestro proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Páginas
Caratula	i
Contracarátula	ii
Acta de Sustentación	iii
Jurado	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	x
Resumen	xii
Abstract	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Bases teóricas	12
1.3 Definición de términos básicos	17
CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS	19
2.1 Variables y su operacionalización	19
2.2 Formulación de la hipótesis	19
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	20
3.1 Tipo y diseño de la investigación	20
3.2 Población y muestra	20
3.3 Técnicas e instrumentos	20
3.4 Procedimientos de recolección de datos	24
3.5 Técnicas de procesamientos y análisis de los datos	27
3.6 Aspectos éticos	28
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	29

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	46
CAPÍTULO VI: PROPUESTA	50
CAPITULO VII: CONCLUSIONES	51
CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES	52
CAPITULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	

1. Estadística Complementaria
2. Ficha del Tiempo de Ocurrencia de los Macroinvertebrados de Suelo.
3. Ficha de datos de cambios estructurales de la hojarasca fina.
4. Diseño de la Investigación.
5. Mapa del área de estudio y Zonas de muestreo.
6. Propuesta del tríptico sobre la descomposición de la hojarasca fina y las buenas prácticas forestales
7. Fotos metodológicas de la delimitación de las zonas de Estudio, colecta de hojas y embolsado de hojas secas en las mallas.
8. Fotos metodológicas de colocación de muestras en zonas de estudio, transporte y evaluación de las muestras en el laboratorio de fauna de la FCB-UNAP.
9. Galería de fotos
10. Galería de fotos para Material didáctico

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla Nº 1. Tasas de descomposición en diferentes tipos de vegetación.	3
Tabla Nº 2. Promedio de la tasa anual de descomposición (K año ⁻¹) e índice de vida media (días) de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.	31
Tabla Nº 3. Riqueza de Macroinvertebrados del Suelo en hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.	36
Tabla Nº 4. Abundancia de macroinvertebrados del suelo en hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú	38
Tabla Nº 5. Abundancia de macroinvertebrados del suelo colonizadores de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú., según tiempo de ocurrencia.	41
Tabla Nº 6. Correlación de macroinvertebrados del suelo entre cambios estructurales de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura Nº 1. Temperatura ambiental promedio, enero 2016 a enero 2017, según la Estación Climatológica Ordinaria “Puerto Almendras”. SENAMHI.	21
Figura Nº 2. Promedio del contenido de humedad de la descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.	29
Figura Nº 3. Promedio de peso residual (%) de la descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.	30
Figura Nº 4. Promedio de la tasa de descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú., con respecto al tiempo (días).	32
Figura Nº 5. Promedio de hojas quebradizas y/o descoloridas (%) de la descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.	33
Figura Nº 6. Promedio de hojas esqueletizadas (%) de la descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.	34
Figura Nº 7. Promedio de hojas colonizadas por raíces de la descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.	35
Figura Nº 8. Taxa de Macroinvertebrados del Suelo en hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.	37

Figura N° 9.	Familias más abundantes de macroinvertebrados del suelo colonizadores de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.	39
Figura N° 10.	Tiempo de ocurrencia en días de los macroinvertebrados del suelo en hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú., según tiempo de ocurrencia.	40
Figura N° 11.	Número de taxa y tiempo de ocurrencia en días de los macroinvertebrados del suelo colonizadores de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú., según tiempo de ocurrencia	40
Figura N° 12.	Índices no paramétricos aplicados a la taxa de macroinvertebrados del suelo en hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.	43
Figura N° 13.	Curva de acumulación (curva de Clench) de taxa de macroinvertebrados de suelo en hojarasca fina en diferentes plantaciones: <i>Ormosia coccinea</i> (aubl.) jackson “huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.	43

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la variación de la dinámica de la descomposición de la hojarasca fina en plantaciones de *Ormosia coccinea* (Aubl.) Jackson “Huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke “Tornillo” y Bosque Secundario de Tierra Firme, en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal - UNAP. Se delimito parcelas de 25 x 50 m, colocando 30 bolsas de malla de plástico, en plantaciones y bosques secundarios, metodología propuesta por Bockock ⁽¹⁾ y retiradas a los 30, 60, 120, 270 y 365 días. En la dinámica física la humedad aumento progresivamente durante todo el proceso de descomposición, el peso residual fue intenso y con mayor valor al iniciar la descomposición, la tasa anual de descomposición de la hojarasca fina en todas las zonas de estudio fue mayor a 2.5 k año⁻¹, siendo el bosque secundario la zona con mayor tasa de descomposición, con 2.72 k año⁻¹, índice de vida media de 134 días. Desde los 30 hasta los 120 días se registraron los valores más altos de la tasa de descomposición, en todas las zonas de estudio. En la dinámica estructural el porcentaje de hojas quebradizas y/o descoloridas, esqueletizadas, y colonización de raíces aumentó gradualmente desde inicios del estudio hasta los 365 días. La dinámica biológica reportó al filo Artrópodos como muy diverso y los órdenes con mayor número de familias Ácaros, Coleópteros, Dípteros y Hemípteros. Los ácaros del grupo de arácnidos reportaron el mayor número de familias identificadas. La colonización de macroinvertebrados de suelo se inició desde los 30 días. Finalmente, la tasa de descomposición y la riqueza de macroinvertebrados del suelo en bosques secundarios están fuerte y directamente correlacionadas, por el contrario, el tiempo de descomposición se correlacionó fuerte e inversamente con la abundancia.

Palabras claves: Dinámica, descomposición, Macroinvertebrados de suelo.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the variation in the dynamics of fine litter decomposition in plantations of *Ormosia coccinea* (Aubl.) Jackson "Huayruro", *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke "Tornillo" and Secondary Forest of Tierra Firme, in the Center for Forestry Research and Teaching - UNAP. Plots of 25 x 50 m were delimited, placing 30 plastic mesh bags, in plantations and secondary forests, methodology proposed by Bockock⁽¹⁾ and withdrawn at 30, 60, 120, 270 and 365 days. In the physical dynamics, the humidity increased progressively throughout the decomposition process, the residual weight was intense and with a higher value at the beginning of the decomposition, the annual rate of decomposition of the fine litter in all the study areas was greater than 2.5 k year⁻¹, being the secondary forest the area with the highest rate of decomposition, with 2.72 k year⁻¹, average life index of 134 days. From 30 to 120 days the highest values of the decomposition rate were recorded in all the study areas. In structural dynamics, the percentage of brittle and / or discolored leaves, skeletonized, and root colonization increased gradually from the beginning of the study to 365 days. The biological dynamics reported the phylum Arthropods as very diverse and the orders with the highest number of families Mites, Coleoptera, Diptera and Hemiptera. The mites of the arachnid group reported the highest number of identified families. The colonization of soil macroinvertebrates started from 30 days. Finally, the decomposition rate and the richness of soil macroinvertebrates in secondary forests are strongly and directly correlated, on the contrary, the decomposition time was strongly and inversely correlated with abundance.

Keywords: Dynamics, decomposition, Soil macroinvertebrates.

INTRODUCCIÓN

En los bosques tropicales la caída de hojarasca es uno de los principales procesos que determinan el reciclaje de nutrientes ^{(2), (3)}, y esto representa la mayor ruta de retorno de materia orgánica y nutrientes para la nutrición vegetal y para la fauna del suelo ^{(4), (5), (6)}, la descomposición de la materia orgánica es un importante proceso que relaciona la dinámica de la vegetación con la dinámica del suelo, regulando este, el proceso donde intervienen los factores bióticos y abióticos ^{(7), (8)}, sin embargo, para que los nutrientes sean liberados desde la hojarasca proveniente del dosel, deben ocurrir los procesos de descomposición y mineralización ⁽⁹⁾.

La descomposición de la hojarasca fina en las plantaciones experimentales de *Ormosia coccinea* (Aubl.) Jackson “Huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke “Tornillo” y Bosque Secundario del CIEFOR – UNAP, ha sufrido variaciones en su dinámica, debido al cambio de uso del suelo desde hace más de dos décadas. Los bosques existentes en estos lugares fueron cambiados a tierras agrícolas y posteriormente a plantaciones forestales experimentales ⁽¹⁰⁾ tal como se presenta en la actualidad, en consecuencia, el proceso de descomposición en el que intervienen factores bióticos y abióticos (organismos descomponedores, clima y otros), son los principales elementos que controlan su degradación, y esto podría haber cambiado. Estos cambios podrían estar dándose en otras zonas de nuestra región ya que el Perú cuenta según las estimaciones con 75 millones de hectáreas de bosques, los mismos que se encuentran muy amenazados por la perturbación antropogénica, ligada principalmente a las actividades económicas de extracción maderera⁽¹¹⁾.

La Universidad de la Amazonía Peruana (UNAP), es parte importante en la preservación, conservación de los ecosistemas naturales y medio ambiente de esta parte del país y por eso los trabajos de investigación deben tener un enfoque ecológico y sostenible, para frenar y recuperar estas áreas a través de tecnologías prácticas, económicas, viables y de fácil aplicación, empleando materia prima disponible de nuestro medio. En este sentido esta investigación

tuvo como objetivo conocer la variación de la dinámica de la descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones de *Ormosia coccinea* (Aubl.) Jackson “Huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke “Tornillo” y Bosque Secundario de Tierra Firme Iquitos-Perú, y de forma específica la dinámica física (tasa de descomposición, tiempo de descomposición y humedad), dinámica estructural (Hojas quebradizas y/o descoloridas, Hojas esqueletizadas y colonización de raíces), dinámica biológica (riqueza de macroinvertebrados del suelo), así como la relación de la tasa de descomposición, tiempo de descomposición y cambios estructurales de la hojarasca fina con la riqueza de macroinvertebrados, en 365 días.

La información generada en esta investigación sobre la descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones maderables y bosques secundarios de tierra firme, tendrá un impacto positivo al diseñar planes de monitoreo en bosques naturales y manejados, complementará y optimizará la oferta de servicios tecnológicos, ambientales y productivos, que el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) requiere, para un aprovechamiento más integral de los sistemas. Sabiendo que la hojarasca juega un papel importante en el manejo, porque reduce la pérdida de nutrientes por lixiviación y produce la protección del suelo contra la erosión.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En el Perú se han realizado algunos estudios para comprender la dinámica de la descomposición de la hojarasca fina, siendo uno de los primeros en nuestra región el estudio realizado en el 2004, sobre macrofauna de hojarasca en sistemas agroforestales en áreas de pastizales abandonadas en la Amazonia central específicamente en diferentes tipos de vegetación (plantaciones forestales y bosques primarios y secundarios) del Centro de Investigación de Jenaro Herrera del IIAP, reportó que las tasas de descomposición eran muy similares en las dos especies de hojarasca y en la mezcla de ambas especies en los cuatro tipos de vegetación. Sin embargo, estas tasas de descomposición fueron más altas que las generalmente se encuentran en otros tipos de bosques en Sarawak y el Amazonas central. Por otro lado, se utilizaron estimaciones de vida media para comparar las tasas de descomposición e incluso entre la hojarasca de las dos especies y la mezcla de ambas especies en los diferentes tratamientos de este estudio. Se muestra en este estudio que los índices de vida media fueron alrededor de 140 días en todos los tratamientos; siendo menor que los que se encuentran habitualmente en la Amazonía central (Tabla 1). Las hojas iniciales nuevas y maduras en *Cedrelinga* y *Simarouba* y la mezcla de las dos especies, utilizadas en el experimento de descomposición, presentaron concentraciones de Carbono y nutrientes muy variables ⁽¹²⁾.

Tabla N° 1: Tasas de descomposición en diferentes tipos de vegetación.

Florestas e/ou folhas	Lugar	k	meia-vida	Fonte
Floresta de <i>Dypterocarpus</i>	Sarawak	1,30	-	Anderson <i>et al.</i> , 1983
Floresta primária	Manaus	1,42	-	Luizão & Schubart, 1987
Capoeira	Manaus	1,37	-	Luizão & Schubart, 1987
<i>Clitoria</i> (F. primaria)	Manaus	1,08	221	Luizão, 1995
<i>Pradosia</i> (F. primária)	Manaus	0,63	341	Luizão, 1995
<i>Aldina</i> (F. primária)	Manaus	0,97	264	Luizão, 1995
Floresta primária	Manaus	1,40	174	Höfer & Luizão, 1999
Capoeira	Manaus	0,70	338	Höfer & Luizão, 1999
<i>Cedrelinga</i> (F. primária)	CIJH	1,80	140	Este estudo
<i>Simarouba</i> (F. primaria)	CIJH	1,80	140	Este estudo
<i>Cedrelinga</i> (Capoeira)	CIJH	1,82	139	Este estudo
<i>Simarouba</i> (Capoeira)	CIJH	1,82	139	Este estudo

En el 2007, se estudió sobre la dinámica de descomposición y mineralización de los macronutrientes en hojarasca de plantaciones de *Ormosia coccinea* (Aubl) Jackson, “huayruro” y *Vochysia lomatophylla* Standl, “quillosa”, desarrollado en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) Puerto Almendra, donde se reporta que a los nueve meses de evaluación la mayor tasa de descomposición (65.10%) corresponde a la hojarasca de *O. coccinea* de 15 a 20 años, mientras que la menor tasa de descomposición (17.18%) presenta la hojarasca de *V. lomatophylla* de más de 20 años, entonces la descomposición es directamente proporcional al tiempo de exposición de la hojarasca al medio, es decir, a mayor tiempo de exposición mayor será el porcentaje de descomposición. Así mismo afirma que la especie *O. coccinea* por tener hojas con folíolos pequeños y estar menos lignificados es la que tiene mayor descomposición por acción de los microorganismos descomponedores, la cual no ocurre con otra especie que tienen hojas de mayor área foliar, mayor espesor, y mayor lignificación, por lo tanto, su descomposición es menor ⁽¹¹⁾.

En el 2007, también se realizó un estudio sobre la cuantificación del efecto del ciclaje de biomasa en la concentración de nutrientes en suelos de plantaciones forestales, realizado en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) Puerto Almendra”, donde registraron que a menor edad de la plantación mayor es el grado de descomposición de la hojarasca, influenciado posiblemente por la composición química de las hojas, es así que la hojarasca de Tornillo y Huayruro tuvieron la mayor tasa de descomposición y mineralización. Uno de los factores que influyen en la tasa de descomposición son los macroinvertebrados, los autores mencionan que en los suelos de las plantaciones estudiadas, Isóptera es el grupo de mayor porcentaje, sobresaliendo en los suelos de tornillo con una población de 59.40%, seguido de Huayruro con 49.05%; el siguiente grupo de macroinvertebrados en abundancia es Formicidae en las plantaciones de Tornillo, Marupa y Huayruro, siendo el mínimo en la plantación de Quillosa; esta abundancia se puede observar porque los árboles brindan las condiciones adecuadas para la propagación de estas especies ⁽¹³⁾.

En el 2015, se estudió la dinámica de la degradación de hojarasca en un bosque tropical amazónico mediante técnicas analíticas, caracterizándose la descomposición del mantillo del bosque, evaluándose los diferentes marcadores de degradación y cómo estos cambian en el tiempo. Se trabajó con dos especies arbóreas de alta importancia biológica: *Calophyllum brasiliense* Cambess y *Bixa arborea* Huber. Colocándolas en bolsas de nylon de 30x30 cm de 1 mm de tamaño de poro. Esta es una técnica ampliamente usada para estudiar la descomposición al nivel de la superficie del suelo. Las hojas frescas fueron colocadas en bolsas cerradas, depositadas en la superficie del suelo, y recolectadas en intervalos periódicos de tiempo para medir la masa remanente. Las bolsas se recogieron en intervalos de tiempo durante un año (se recolectó a los 3, 5, 7, 9, 10 y 12 meses). Las hojas fueron limpiadas cuidadosamente y secadas en una estufa a 60°C para poder determinar el porcentaje de peso perdido tras la descomposición del material. Para su cálculo de la constante de descomposición, se utilizó el modelo exponencial negativo simple Olson (14). El resultado obtenido para la constante de descomposición fue de 0,57 año⁻¹ para *Calophyllum brasiliense* y 1,46 año⁻¹ para *Bixa arborea*. Estos números no son algo novedoso pues a simple vista era posible observar que las hojas de *Bixa*, a pesar de ser más grandes, eran más finas y delgadas que las hojas de *Calophyllum*, que eran gruesas y duras al tacto. Es necesario mencionar que los valores son resultado de la diferencia de peso entre el contenido inicial de la bolsa y el que tenía al momento de ser recolectada y que la especie *B. arborea* tiene una constante de descomposición mayor, lo que indica que la degradación del material será más rápida que para el caso de *C. brasiliense* ⁽¹⁵⁾.

También se han realizado estudios sobre la descomposición de la hojarasca, en otras regiones biogeográficas similares, podemos considerar algunos aportes:

En 1989, en un estudio sobre la descomposición. Elsevier, Ámsterdam: Ecosistemas del mundo 14B; mencionaron que la composición y estructura anatómica de las plantas son fuertemente influenciado por factores

ecológicos, al igual que todas las funciones de un ecosistema, incluida la descomposición ⁽¹⁶⁾.

En el 2001, se estudió las constantes de descomposición de hojas y la relación lignina/celulosa en cuatro especies forestales de la Reserva Estricta de Colonia Benítez-Chaco, reportándose que en todas las especies estudiadas la velocidad de descomposición decreció con el tiempo, pero no todas las especies tuvieron igual velocidad de descomposición. En general estos autores indican que las hojas de las diferentes especies forestales se descomponen a una velocidad diferente, en un proceso rápido al comienzo, registrándose pérdidas de peso entre 28 % y 60 % del peso total del material vegetal en los primeros tres meses, Estos investigadores mencionan a su vez que el 30 % de la biomasa de hojas se descompone en los primeros cuatro meses. Afirmando también en general que los residuos vegetales con elevados contenidos de lignina son más resistentes a la descomposición que los materiales pobres en este compuesto; probablemente suceda porque existen pocos microorganismos capaces de degradar la lignina y son, además, exclusivamente aerobios. Sin embargo, la lignina se degrada ininterrumpidamente, aunque con lentitud, en condiciones aerobias en el suelo, como las halladas en los suelos de la Reserva ⁽¹⁷⁾.

En el 2002, en un estudio donde se seleccionaron tres tipos de hojarasca: mezcla de leguminosas herbáceas, tréboles, (*Trifolium angustifolium* L., *T. arvense* L., *T. cherleri* L. y *T. glomeratum* L.), mezcla de gramíneas (*Bromus madritensis* L. y *B. tectorum* L.) y leguminosa arbustiva, retama, (*Lygosphaerocarpa* (L.) Heyw.), se investigó la degradación de la hojarasca en un pastizal oligotrófico mediterráneo del centro de la Península Ibérica, ubicado al NE de Madrid, indicando que la velocidad de descomposición de la hojarasca de la leguminosa arbustiva ($k = 0.55$ año⁻¹) es mayor que la de las otras dos hojarascas y que la hojarasca de las gramíneas es la más resistente a la descomposición ($k = 0.34$ año⁻¹) y que la dinámica de la descomposición se ajustó con buenos resultados, en los tres casos, a un modelo exponencial ⁽¹⁸⁾.

En el 2003, en un estudio sobre la descomposición de la hojarasca fina en

bosques pantanosos del pacifico colombiano, reportó que el modelo exponencial simple ha sido el más empleado y se compararon los resultados de este estudio con otros realizados en el trópico basados en este modelo y donde la tasa negativa de descomposición resultante fue $1,7093a^{-1}$, la cual se encuentra dentro del muy amplio rango de $0,162a^{-1}$ a $3,60a^{-1}$ reportado para la hojarasca fina en el bioma bosque húmedo tropical. No obstante, otros autores citan valores entre $9,1a^{-1}$ y $12,4a^{-1}$ para *Ficus yoponensis* en los bosques tropicales lluviosos de México. Cuando la comparación se realiza con los bosques inundables amazónicos, cuyas tasas negativas de descomposición, tanto para la hojarasca fresca como para las especies, se encuentran entre $0,48a^{-1}$ y $2,9a^{-1}$, de nuevo los resultados de este experimento se hallan en una posición intermedia. El tiempo para que desaparezca 99% de la hojarasca fue de 5,5 años. Estos valores duplican los aquí reportados pero se encuentran dentro del rango para el bioma bosque húmedo tropical ⁽¹⁹⁾.

En el 2005, en un estudio de la Degradación de la lignina y celulosa y dinámica del nitrógeno durante la descomposición de tres especies de hojarasca en un ecosistema mediterránea, manifestaron que la descomposición de la hojarasca está determinada por la calidad en términos de abundancia de sus diferentes componentes, así como de la disponibilidad de nutrientes del suelo. La lignina y la celulosa, los más abundantes componentes de la hojarasca, son descompuestos lentamente y donde los altos contenidos de lignina influyen, reduciendo la tasa de descomposición de la hojarasca al inicio y final del proceso ⁽²⁰⁾.

En el 2007, en el estudio comparativo de la descomposición de las hojas de tres especies nativas en una cabecera que fluye lentamente en los Andes colombianos, sugirieron que la textura de las hojas es otra variable a considerar en la tasa de descomposición debido a que las especies vegetales que presentan una mayor suavidad, registran valores más altos respecto a especies con una dureza superior ⁽²¹⁾.

En el 2009, se estudió la velocidad de descomposición de la hojarasca en

diferentes sustratos de tres humedales de manglar en San Andrés isla, Caribe colombiano, durante la temporada de lluvias. Las tasas de descomposición de *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn (mangle blanco) y *Avicennia germinans* (L.) L.(mangle negro) fueron medidas en bolsas tipo malla. Algunas bolsas fueron dispuestas bajo el suelo, otras sumergidas en el agua y otras sobre la superficie del suelo. Las mayores tasas de degradación se obtuvieron en humedales de borde; microambientes acuáticos y edáficos húmedos, sobre la especie *A. germinans* y en los lugares con macrofauna consumidora asociada. En las etapas tempranas de descomposición se presentó la mayor velocidad de degradación. En general, el menor porcentaje de biomasa remanente después de 15 semanas de incubación lo presentó *A. germinans* (10 %), respecto a *R. mangle* (29 %) y *L. racemosa* (28 %) ⁽²²⁾.

En el 2010, se estudió la Estructura, composición vegetal y descomposición de hojarasca en el suelo, en dos sitios de un bosque nublado andino (reforestado y en sucesión espontánea), en Peñas Blancas, Calarcá (Quindío), Colombia. se manifestó que en el proceso de descomposición hay múltiples factores que afectan la velocidad de descomposición de la hojarasca, pero básicamente este proceso está controlado por tres elementos principales: el clima, la calidad de la hojarasca y la abundancia de organismos degradadores, así mismo menciona que diversos autores han planteado que durante los estados iniciales (de tres a cinco semanas), la velocidad de descomposición es acelerada debido a la lixiviación de compuestos solubles y porque en ese momento se inicia el desarrollo de las poblaciones microbianas que empiezan a consumir los compuestos más fácilmente degradables. Este hecho puede explicar la fuerte disminución en el porcentaje de descomposición durante el primer mes, cuando se descompuso más del 50% del material inicial en los dos bosques y que la pérdida rápida de peso también puede atribuirse a las condiciones climáticas del sitio y la calidad química de la hojarasca de la especie evaluada. En este estudio la precipitación exhibió valores más altos en el primer mes de enterramiento lo que coincide con la mayor pérdida de peso en el proceso de descomposición, lo que sugiere que posiblemente las lluvias incrementaron el lavado en la fase

inicial. Estos resultados son coherentes con otros estudios que mostraron que además de la temperatura y humedad, la calidad de la hojarasca es uno de los componentes más importantes en la descomposición de la hojarasca en los ecosistemas tropicales ⁽²³⁾.

En el 2013, en un estudio sobre el grado de degradación de la hojarasca en sitios con vegetación primaria y secundaria del matorral espinoso Tamaulipeco en Nuevo León, se utilizó el método de la bolsa de hojarasca (litter bag); que consistió en recolectar 20 g de hojarasca recién caída en bolsas de 20 x 15 cm de tela mosquitera de nylon de 1 mm de luz, colocándose 60 bolsas con hojarasca, dos localizados en áreas con matorral conservado y dos en zonas con matorral degradado. El experimento duró diez meses (300 días), y mensualmente se recogieron cinco bolsas de cada sitio, y su contenido se secó y pesó. Se estimó la pérdida de peso anual, el porcentaje de degradación diaria y la tasa de descomposición (k). Se efectuaron comparaciones entre sitios mediante un análisis de varianza (ANOVA). En cuanto a las tasas de descomposición, los valores de k fueron de -0.42 (NS) para el sitio uno, -0.43 (NS) para el dos, -0.47 (NS) para el tres y -0.50 (NS) para el cuatro. La tasa de descomposición en cada sitio por intervalos de tiempo se evidencia un comportamiento similar en todos los sitios. Los grados de descomposición registrados para los cuatro sitios no mostraron diferencias significativas, aunque se advirtió que los lugares más conservados presentaron grados de descomposición ligeramente mayores ⁽²⁴⁾.

En el 2013, también se estudió la producción y tasa de descomposición de hojarasca en Acahuals de selva caducifolia de diferentes edades en Chiapas, México, estableciéndose cuatro parcelas permanentes de muestreo, elaborándose un total de 432 bolsitas de descomposición y se utilizó el método de Bock ⁽²⁵⁾. Se hicieron con tela mosquitera de 2 mm de luz de malla, con dimensiones de 20 x 20 cm. en cada una de ellas, se colocaron 10 g de hojas secas de las seis especies más representativas del acahual (*Tabebuia rosea* (Bertol) DC., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Salix bonplandiana* Kunth, *Cecropia peltata* L., *Heliocarpus appendiculatus* Turcz. Y *Mastichodendron capiri* Cron., las cuales fueron recolectadas directamente de

los árboles y no del suelo, puesto que se desconoce el momento en que habían caído. El periodo de muestreo fue de septiembre de 2008 a abril de 2009. La mayor caída de hojarasca ocurrió de marzo a mayo, cuando el componente hoja fue el preponderante con más de 64 % del total; el acahual más joven presentó la mayor producción, con $5.05 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. En contraste, la tasa de descomposición (k) fue más rápida para el acahual de mayor edad; se estimó un lapso de 75.9 días para actuar sobre 50 % del material y 504.3 días para 99 % del mismo ⁽²⁶⁾.

En 2018, en estudios realizados sobre la dinámica de nutrientes durante el proceso de degradación de la hojarasca en el matorral espinoso Tamaulipeco, El objetivo fue determinar el contenido de Ca, K, P, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn durante el proceso de degradación de la hojarasca y comparar su dinámica en dos estaciones. La hojarasca se recolectó 15 días previos a cada estación y se dejó en campo para evaluar su descomposición (10 g), mediante la técnica de bolsa de nylon durante el invierno y la primavera. Se colocaron al azar un total de 80 bolsas en las estaciones de invierno (21 diciembre de 2015 a 20 marzo de 2016) y primavera (21 marzo 2016 a 20 junio 2016) dentro una parcela sin disturbio del matorral espinoso Tamaulipeco. Los valores de masa remanente se ajustaron al modelo de regresión exponencial simple Olson⁽¹⁴⁾. La tasa de descomposición (k , $\text{g g}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en el invierno fue de 0.002 y primavera 0.003, respectivamente, lo que indica una tasa de descomposición baja. Los resultados de la tasa de degradación de la hojarasca a 50%, indican que en invierno la degradación será más lenta respecto a la primavera por una diferencia de 0.2 años (73 días). Se infiere que los factores ambientales, composición química de la hojarasca, agentes biológicos descomponedores y factores edáficos son determinantes en la movilidad e inmovilidad de los nutrientes. En la época de primavera, se presentaron las mayores precipitaciones, y la inmovilidad de los nutrientes fue más evidente. La hojarasca para descomponerse a 50 % requiere de 0.8 años para invierno y de 0.6 años en primavera. El tiempo para la degradación de 99 % varía de 5.2 años en invierno a 3.7 años en primavera, lo que indica que la hojarasca de invierno tardará más tiempo en descomponerse ⁽²⁷⁾.

Podemos mencionar que son escasos los estudios de investigación que relacionan a los macroinvertebrados de suelo con la descomposición de hojarasca en esta parte de la Amazonia Peruana, sin embargo, podemos considerar algunos aportes:

En 1998, se estudió los macroinvertebrados en sistemas agroforestales en amazonia brasilera, reportándose que todos los sistemas presentaron una camada de hojarasca menor que los bosques secundarios, sin embargo, con una mejor calidad nutricional, indicando posiblemente un reciclaje más eficiente de nutrientes en estos sistemas ⁽²⁸⁾.

En el 2004, en el estudio sobre macrofauna de hojarasca en sistemas agroforestales en áreas de pastizales abandonadas en la Amazonia central específicamente de la densidad, biomasa y diversidad de los macroinvertebrados del suelo en diferentes tipos de vegetación (plantaciones forestales y bosques primarios y secundarios) del Centro de Investigación de Jenaro Herrera del IIAP”, reportó que la plantación forestal de *Simarouba amara* (marupá) fue el sistema que presentó las densidades más altas de macroinvertebrados del suelo, con predominancia de los grupos sociales (termitas y hormigas), garantizando así una eficiente colonización y actividad de la fauna del suelo en la descomposición de la materia orgánica y estructura del suelo en ese sistema. Finalmente concluyó que los macroinvertebrados están íntimamente asociados a los procesos de descomposición y ciclaje de nutrientes que son fundamentalmente importantes para el mantenimiento de la productividad en las culturas y prácticas de manejo utilizadas en un sistema de producción ⁽¹²⁾.

En el 2015, se estudió sobre la variación de la composición de los grupos de macroinvertebrados del suelo en diferentes tipos de vegetación, durante períodos de abundante (marzo - mayo) y poca lluvia (julio – setiembre) para relacionarlos con la necromasa, humedad y temperatura del suelo, en el centro de Investigación y Enseñanza Forestal – UNAP. CIEFOR-Perú, se registró 32 taxa de macroinvertebrados del suelo, 03 filos muy conocidos Moluscos,

Anélidos y Artrópodos, este último fue el más diverso con 06 clases taxonómicas. Se registró un promedio de 1075 ind.m², 1455 ind.m² en el periodo de abundante lluvia y 696 ind.m², en el de poca lluvia, estos valores no son significativamente diferentes (P=0.168). En ambos periodos el mayor número de taxa y la mayor densidad se registró en la plantación de marupa (1780 ind.m². en el primer periodo y 1122 ind.m². en el segundo). Los isópteros registran las mayores densidades. Destacan además Formicidae, Aranei, Coleoptera, Sthaphylinidae, Blatodea, Isopoda, Pseudoescorpiones y Oligochaeta. Lanecromasa concentra el mayor número de taxa y la mayor densidad de organismos. Se registró 600 ind/ m² con función descomponedora en todo el estudio. El incremento de la masa corporal de macroinvertebrados de suelo es directamente proporcional a la temperatura (r=1) e inversamente proporcional a la humedad (r = -0.45). Es importante mencionar que todos estos estudios se efectuaron utilizando la metodología propuesta por el Programa de Biología y Fertilidad de Suelos Tropicales (TSBF) ⁽¹⁰⁾.

1.2. Bases teóricas

1.2.1 Teoría de dinámica de la vegetación

En el desarrollo de la teoría de dinámica de la vegetación se produjeron a lo largo de las investigaciones cambios de paradigma para establecer conceptos y aproximaciones contemporáneas al estudio de la dinámica de bosques. La teoría sucesional clásica enfatizaba la naturaleza predecible y ordenada de la sucesión con estados finales climáticos de la vegetación de máxima estabilidad y en equilibrio con el clima regional. Con ella se buscaban causas universales de sucesión que pudieran ser aplicadas de igual forma en todos los ecosistemas. En contraposición a estos modelos determinísticos de desarrollo y equilibrio, las explicaciones contemporáneas y reduccionistas de la dinámica de la vegetación, asignan un rol importante a los procesos estocásticos o quasi-estocásticos de disturbio y dispersión, los gradientes de recursos, las fluctuaciones ambientales, las interacciones biológicas y las características de historia de vida de las especies. Las aproximaciones actuales al estudio de la dinámica de la vegetación interpretan la heterogeneidad de los mosaicos de comunidades en función tanto de la

discontinuidad espacial del ambiente abiótico subyacente como de la heterogeneidad espacial ("patchiness") asociado a disturbios naturales o antropogénicos. Dentro de esta nueva perspectiva de cambio de la vegetación por dinámica de parches, ha surgido el concepto de régimen de disturbio como un paradigma integrador.

El concepto tradicional de clímax, tal como lo formulaba F. E. Clements (1916), enfatizaba la dominancia continua en un dado sitio por el mismo ensamble de especies como resultado de la capacidad de especies climáticas de establecerse y crecer bajo la influencia de adultos de la misma especie. Clements (1916) equiparó a la sucesión con el desarrollo de un superorganismo. Argumentaba que comunidades que partían de distintos estados iniciales por causas históricas o ambientales, convergerían a través del proceso de sucesión hacia la vegetación climax cuyas características eran dictadas principalmente por el clima regional. El climax por ende era considerado como condición de gran estabilidad en la cual la vegetación había alcanzado un equilibrio con el clima reinante. Las ideas sucesionales clásicas dominaron el campo de la ecología vegetal durante la primera mitad del siglo XX a pesar de tempranas y agudas críticas. Por ejemplo, Gleason (1917, 1926, 1927) rechazó la aseveración de que las comunidades vegetales eran entidades orgánicas altamente integradas y enfatizó el comportamiento único e individualista de las especies así como el papel de los eventos aleatorios (estocásticos).

La discontinuidad espacial de la distribución de especies vegetales da lugar frecuentemente a mosaicos de parches que difieren en estructura y/o composición (Wiens, 1976, Whittaker y Levin, 1977, Pickett y Thompson, 1978, Sousa, 1984, Veblen, 1992). Parte de estas discontinuidades reflejan la heterogeneidad del ambiente abiótico. La formación de estos mosaicos puede ser el resultado de la influencia de disturbios sobre la disponibilidad de recursos y la intensidad de las interacciones biológicas. Esta visión ha sido denominada perspectiva de dinámica de parches (Pickett y Thompson, 1978). En consecuencia, durante un período de tiempo relativamente corto conocido como fase de claros, ocurren cambios relativamente rápidos a medida que

nuevos individuos logran dominar el sitio (Watt, 1923, 1947, Bray, 1956). La fase de claros es característica tanto de comunidades cercanas a un estado estacionario de composición florística, como de comunidades sucesionales donde el/los nuevos individuos que se establecen no pertenecen a la especie inicialmente dominante. El desarrollo secuencial de estas fases estructuralmente distintas constituye el ciclo de crecimiento del bosque (Watt, 1947, Whitmore, 1982). Así un bosque en equilibrio composicional observado en sitios particulares puede estar cambiando continuamente la composición del dosel, pero observado a escalas de rodal completo, el patrón de reemplazo por fase de claros mantiene la abundancia relativa de las especies dominantes relativamente constante ⁽²⁹⁾.

Un factor importante en la dinámica de los bosques, es la formación y descomposición de la hojarasca, los cuales son rápidamente descompuestos por los organismos del suelo que asimilan y liberan nuevamente los nutrientes minerales para las plantas ⁽³⁰⁾, ⁽³¹⁾. A través de la caída de hojarasca, existen procesos de fuertes implicaciones en la dinámica de nutrientes, caso de la reabsorción de nutrientes foliares, que conduce a una mayor eficiencia en su uso. A partir de la caracterización de este conjunto de procesos, es posible determinar la potencialidad de empleo de especies forestales para diferentes fines, dentro de los que se destaca la recuperación de áreas degradadas ⁽³²⁾. La formación de hojarasca es parte esencial del proceso de ciclaje de nutrientes, así como de la regulación de las condiciones microclimáticas del suelo, debido a una capa protectora que se forma en la superficie del suelo desnudo ⁽³³⁾.

La hojarasca se divide en hojarasca fina y gruesa. La hojarasca fina está conformada por hojas, flores, frutos, semillas y fragmentos de éstos, ramitas y material leñoso con diámetros variablemente definidos. Además algunos autores consideran que la hojarasca fina es de un diámetro límite de 2 cm ⁽³⁴⁾,⁽³⁵⁾,⁽³⁶⁾ y que generalmente estas muestras de hojas finas se recolectan en las mismas subparcelas del material herbáceo y leñoso pequeño ⁽³⁷⁾, ⁽³⁸⁾, ⁽³⁹⁾, ⁽⁴⁰⁾, ⁽⁴¹⁾. Asimismo, se menciona que los nutrientes confinados en la hojarasca fina constituyen una fuente importante de recursos, por lo que la cuantificación

de su producción y naturaleza son cruciales para comprender el ciclaje de nutrientes en los ecosistemas forestales ⁽⁹⁾.

La necromasa sobre el suelo o detritos vegetales se definen como la materia orgánica que reposa en la superficie del suelo y que generalmente se encuentra en estado fresco y con bajo grado de descomposición ^{(38),(41)}. También puede incluir, además, material cosechado por animales y materia orgánica lixiviada, pero frecuentemente su evaluación es difícil y la necromasa o detritos vegetales pueden separarse en hojarasca fina y detritos no finos o detritos de madera gruesa (DMG). Los bosques primarios de la amazonia brasilera tienen una continua entrada anual de hojarasca de 8 a 10 tn/ha⁻¹ ⁽⁴²⁾, ⁽⁴³⁾.

Es importante saber que en los suelos forestales depositan diferentes materiales, provenientes de distintos estratos de la vegetación, como las hojas, ramas, inflorescencias, cuyo conjunto se denomina hojarasca; de ello, la hoja es la fracción más importante en los ecosistemas forestales ⁽⁴⁴⁾, es por eso que la hojarasca determina la estabilidad y el funcionamiento del ecosistema, constituye la fuente principal de circulación de materia orgánica, energía y nutrimentos entre las plantas y el suelo; su contenido depende del balance entre los procesos de acumulación y descomposición, lo cual, está determinado por la especie vegetal y su composición química, por citar algunos factores ⁽⁴⁵⁾. Asimismo, la hojarasca se vuelve parte fundamental de la sostenibilidad de la fertilidad del suelo, además de actuar como una capa que facilita la entrada de semillas y su incorporación al banco de semillas del suelo ⁽⁴⁶⁾.

La calidad de la hojarasca es determinante para el grado de descomposición, ya que la mayoría de los ecosistemas terrestres están integrados por una variedad de especies vegetales, cada una de las cuales contribuye al aporte anual del proceso ⁽⁴⁷⁾, ⁽⁴⁸⁾, lo que significa que su composición ejerce un fuerte impacto en este sentido ⁽⁴⁹⁾.

1.2.2 Descomposición de Hojarasca

La descomposición de la hojarasca es un proceso fundamental en todos los ecosistemas, por lo que cualquier disturbio que lo altere puede intervenir en

su funcionamiento ⁽⁵⁰⁾.

El proceso de descomposición es más elevado en la estación lluviosa que en la seca, ya que las actividades de los macro y microorganismos son mucho más intensas, las cuales son afectadas por las condiciones de humedad adversas que ocurren durante la estación seca ⁽³⁰⁾.

Por lo tanto, la descomposición de la hojarasca involucra además un conjunto de procesos complejos que incluyen agentes químicos, físicos y biológicos, que actúan sobre una variedad de sustratos orgánicos que cambian constantemente ⁽¹⁵⁾. En la descomposición, estos sustratos son transformados en compuestos más simples. Los intervalos de descomposición de la hojarasca son afectados por las condiciones ambientales, por su composición química, por los organismos del suelo que desarrollan dicha función y por las condiciones fisicoquímicas de este ⁽⁵¹⁾.

1.2.1. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales son uno de los principales factores que regulan el proceso de descomposición pues no sólo actúan directamente sobre la hojarasca, sino también sobre los organismos descomponedores, acelerando o disminuyendo su actividad sobre la materia orgánica, la cual va influyendo tanto en el desarrollo de la vegetación como en las actividades de los microorganismos, que son factores muy críticos de la formación del suelo ⁽⁵²⁾, ⁽⁵³⁾.

1.2.2. Macroinvertebrado del suelo

Son organismos generalmente mayores de 2 mm de diámetro y visibles al ojo humano ⁽⁵⁴⁾, viven toda o una etapa de su vida en el suelo ⁽⁵⁵⁾ ya sea para alimentarse o para protegerse, así tenemos: termitas, milpiés, ciempiés, arañas, pseudoscorpiones, escarabajos, lombrices entre otros. Desempeñan un papel clave en los procesos que determinan la fertilidad y estructura física del suelo y la regulación de la disponibilidad de los nutrientes asimilables por las plantas ⁽⁵⁶⁾. De acuerdo a la función que realizan se clasifican en herbívoros, predadores, descomponedores e “ingenieros del ecosistema” o “ingenieros del suelo” ⁽⁵⁷⁾, ⁽⁵⁴⁾. Los ingenieros del suelo representados por las lombrices,

termitas, gallinas ciegas (larvas de escarabajo) y hormigas producen estructuras físicas o biogénicas, que modifican la estructura del suelo (hoyos, galerías y depósitos de excrementos) modulan y afectan el ambiente para otros organismos y plantas ⁽⁵⁵⁾. Considerando de gran interés el estudio de los macroinvertebrados del suelo por la interacción que estos organismos realizan entre sí y con las diversas plantas del ecosistema terrestre, formando un complejo sistema de actividad biológica que garantiza la sostenibilidad del mismo, por esa razón los macroinvertebrados del suelo son organismos de gran importancia para el bosque, ellos desempeñan un papel importante en la regulación de los procesos que determinan la fertilidad del suelo en los trópicos húmedos y descomponen la hojarasca para absorber o eliminar energía y nutrientes ⁽⁵⁸⁾. Dentro de los macroinvertebrados las termitas son muy abundantes en los bosques tropicales y cumplen un papel importante en la descomposición de la materia orgánica, en la estructura del suelo, aireando y reteniendo el agua, afectando la fertilidad del suelo y el ciclaje de nutrientes ⁽¹²⁾. Ellos fragmentan la hojarasca quebrando el material vegetal para facilitar la rápida colonización del mismo por los microorganismos y transforman los componentes orgánicos de hojarasca, en nutrientes minerales disponibles para las plantas.

En los últimos veinte años se ha desarrollado una abundante literatura sobre la influencia de la macrofauna del suelo en la estructura del suelo. Entre estos organismos, las lombrices de tierra, termitas y las hormigas juegan un papel clave en la regulación de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los suelos. Debido a estos impactos influyentes, los ecologistas del suelo consideran a estos invertebrados como "ingenieros del suelo" y su diversidad y abundancia son hoy consideradas como bioindicadores pertinentes de la calidad del suelo por muchos científicos ⁽⁵⁹⁾.

1.3. Definición de términos básicos

Bosque secundario. Se regeneran en bosques autóctonos que han sido despejados por causas naturales o artificiales, como la agricultura o la ganadería. La vegetación secundaria suele ser inestable y representa estados

de sucesión ⁽⁶⁰⁾.

Descomposición. Procesos complejos que incluyen agentes químicos, físicos y biológicos, que actúan sobre una variedad de sustratos orgánicos que cambian constantemente ⁽¹⁵⁾.

Hojarasca. Formación de las capas húmicas del suelo que está dada por los detritos vegetales debido a la caída periódica de hojas, ramos, frutos, flores y otros componentes vegetales, así como la acumulación de detritos animales ^{(30), (31)}.

Hojarasca Fina. Conformada por hojas, flores, frutos, semillas y fragmentos de éstos, ramitas y material leñoso con diámetros límite variablemente definidos de 2 cm ^{(34), (35), (36)}.

Plantaciones Forestales. Aquellas formaciones forestales sembradas en el contexto de un proceso de forestación o reforestación. Estas pueden ser especies introducidas o indígenas que cumplen con los requisitos de una superficie mínima de 0.5 ha; una cubierta de copa de al menos el 10 por ciento de la cubierta de la tierra, y una altura total de los árboles adultos por encima de los 5 m ⁽⁶¹⁾.

Macro invertebrado de suelo. Son organismos generalmente mayores de 2 mm de diámetro y visibles al ojo humano ⁽⁵⁴⁾, viven toda o una etapa de su vida en el suelo ⁽⁵⁵⁾ ya sea para alimentarse o para protegerse.

Condiciones ambientales. Principales factores que regulan el proceso de descomposición pues no sólo actúan directamente sobre la hojarasca, sino también sobre los organismos descomponedores, acelerando o disminuyendo su actividad sobre la materia orgánica ^{(52), (53)}.

CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS

2.1. Variables y su operacionalización

2.1.1. Variable

Independiente (X)

Plantación de *Ormosia coccinea* (Aubl.) Jackson “Huayruro”, Plantación de *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke “Tornillo y Bosque Secundario de Tierra Firme.

Dependiente (Y)

Dinámica de la descomposición de Hojarasca fina

2.1.2. Operacionalización

Variable	Indicador	Indice
Plantación de <i>Ormosia coccinea</i> , (Aubl.) Jackson “Huayruro”, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> (Ducke) Ducke y Bosque secundario de tierra firme	Caracterización de la vegetación	Especies vegetales predominantes
Dinámica de la descomposición de la Hojarasca fina	Físicos	Tasa de descomposición ($K \text{ año}^{-1}$: peso inicial de hojarasca/peso en el tiempo)
		Tiempo de descomposición (Nº de días (30, 60, 120, 180, 270 y 365))
		Humedad de la hojarasca fina (%)
	Estructurales	Hojas quebradizas y/o descoloridas (%) Hojas esqueletizadas (Grados de intensidad: 0: nada, 1: inicial, 2: poco, 3: regular, 4 bastante, 5: muy intenso) Colonización de raíces (Grados de intensidad: 0: nada, 1: inicial, 2: poco, 3: regular, 4 bastante, 5: muy intenso)
Biológicos	Riqueza de macroinvertebrados del suelo (Nº de Taxas)	

2.2. Formulación de la hipótesis

La dinámica de la descomposición de la hojarasca fina varía física, estructural y biológicamente, según las diferentes plantaciones de *Ormosia coccinea* (Aubl.) Jackson “Huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke “Tornillo” y Bosque Secundario de Tierra Firme, siendo mayor estas variaciones en el bosque secundario.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

La investigación aplicada fue ex post facto: prospectiva, y explicativa. Se utilizó el diseño con dos grupos después, por ser una investigación ex post facto, es decir que se determinó la causa frente a un efecto ya evidente ⁽⁶²⁾. Para la evaluación se utilizó 02 tratamientos (Tipos de plantación forestal) y un testigo (Bosque secundario), con tres repeticiones cada una, correspondiendo a *O. coccinea* (Huayruro) y *C. catenaeformis* (Tornillo). Se utilizó el muestreo aleatorio estratificado (Anexo N° 4).

3.2. Población y muestra

Población

La población estuvo constituida por toda la hojarasca fina presentes en las plantaciones de especies maderables *O. coccínea* (Huayruro) y *C. catenaeformis* (Tornillo), y bosque secundario de tierra firme del CIEFOR–UNAP.

Muestra

La muestra estuvo constituida por la hojarasca fina contenida en 270 bolsas de mallas de plástico en las plantaciones de especies maderables *O. coccínea* (Huayruro) y *C. catenaeformis* (Tornillo), y bosque secundario de tierra firme del CIEFOR- UNAP.

3.3. Técnicas e instrumentos

El estudio se realizó en las plantaciones de especies maderables de *O. coccinea* (Huayruro) y *C. catenaeformis* (Tornillo), y bosque secundario de tierra firme del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR), estación Experimental de la Facultad de Ciencias Forestales (FCF) de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) ubicado en la comunidad de Puerto Almendras. Las instalaciones del CIEFOR se encuentran a 22 km con dirección Sur - Oeste desde la ciudad de Iquitos, en el distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, Región Loreto; ubicado en la margen derecha del río Nanay, geográficamente se encuentra

en las siguientes coordenadas UTM zona 18: 680,500 Km E, y 9577,400 Km N, con una altitud de 122 msnm. (Anexo N° 5).

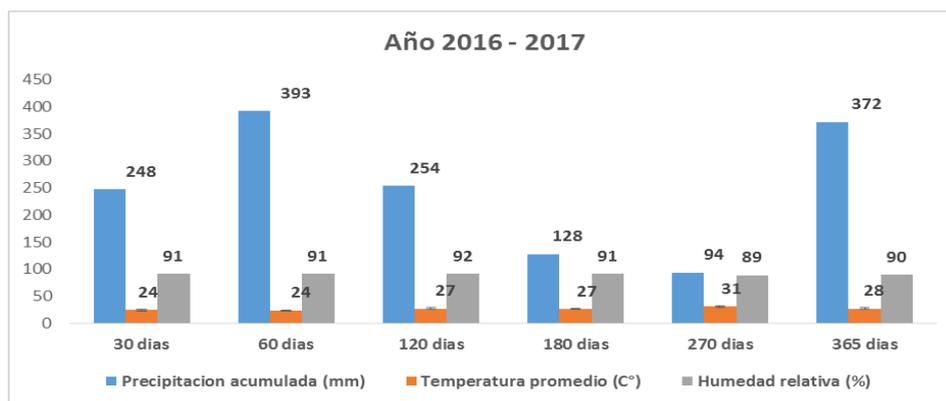
Para la accesibilidad a la zona de estudio se puede utilizar dos vías: Terrestre, desde de la ciudad de Iquitos hasta el Km 5.0 de la carreteralquitos-Nauta (asfaltada) continuando 6.5 km por la carretera a Zungarococha (afirmada) hasta el centro poblado Puerto Almendras. El tiempo estimado es de 40 minutos en motocicleta desde el centro de la ciudad de Iquitos.

Fluvial, se realiza por el río Nanay con una duración de 3 horas partiendo del puerto de Bellavista Nanay en un deslizador con un motor de 40 HP.

a) Clima

La estación meteorológica del SENAMHI, se encuentra instalada en los terrenos del CIEFOR – Puerto Almendras, en donde se ha registrado una temperatura promedio de media anual de 27°C, una precipitación acumulada media anual de 3269 mm y 1489 mm en los periodos de tiempo de evaluación (lluvioso y seco) y una humedad relativa de 90 % durante los meses de enero 2016 a enero 2017, periodo donde se desarrolló este estudio.

Figura N° 1: Temperatura ambiental promedio, enero 2016 a enero 2017, según la Estación Climatológica Ordinaria “Puerto Almendras”. SENAMHI.



Fuente: Elaboración Propia.

b) Zonas de vida y Aspectos físicos.

Se clasifican las zonas de vida de acuerdo al sistema de zona de vida Holdridge (1955, 1971, 1978) ^{(63), (64)}, la Zona de estudio está ubicada en la zona de vida denominada Bosque Húmedo Tropical/Bh-t), cuyas características fisonómicas, estructural y de composición florística, corresponden a precipitaciones mayores a 2000 mm y menores a 4000 mm. La zona de estudio se puede distinguir una gran unidad fisiográfica denominada “paisaje aluvial” caracterizada principalmente por la topografía relativamente plana (0 – 5%) y conformada tanto por sedimentos del terciario y del Pleistoceno que han sido depositados por las aguas del río Nanay. Los suelos del CIEFOR – Puerto Almendras son de la serie arenosa pardo muy profunda de textura medianamente gruesa, friable, excesivamente arenosa y permeabilidad rápida. La reacción es fuertemente ácida en la capa superficial entre 5.0 – 5.3 y 7.0 a 80% de aluminio cambiante ⁽¹⁰⁾.

c) Historias de los tratamientos:

Las plantaciones de *Ormosia coccinea* (Aubl.) Jackson “Huayruro”, tiene una antigüedad de 30 años, se ubica en las coordenadas UTM zona 18: 680340 Km E y 9576533 Km N. La especie pertenece a la familia Fabáceae, tiene tallos de ocasiones contrafuertes; corteza en anillos evidentes; ramillas glabras o ferrugineo tomentosas. Hojas alternas, en ocasiones opuestas, particularmente en las partes apicales, imparipinnadas, con hasta 13 folíolos; estípulas deciduas; folíolos elípticos, oblongos a ligeramente obovados, opuestos o en ocasiones los basales alternos, base obtusa, cordata a ligeramente cuneada, margen aplanada o claramente ondulada, ápice obtuso o cuspidado, venación secundaria evidente, en ocasiones con venación terciaria escaleriforme, glabros, estrigosos o velutinos ferrugineos. Inflorescencias terminales o axilares, generalmente en panículas, en ocasiones en racimos. Frutos aplanados o globosos, coriáceos o leñosos, dehiscentes, rojos, amarillentos, pardos o negros, con 1 a 5 semillas, en ocasiones con septos entre las

semillas; semillas elipsoides, globosas o lenticulares, rojas o negras, bicolores (rojo con negro).

Las plantaciones de *C. catenaeformis* (Tornillo), tienen una antigüedad de aproximadamente 30 años y se ubican en las coordenadas UTM zona 18: 680553 Km E y 9576793 Km N. la especie es un árbol perennifolio de la familia Fabaceae con altura de 25 a 50 m y hasta 200 cm de diámetro; fuste recto con raíces tablares en la base; copa globosa y con ramificación amplia. La corteza es fisurada con grietas longitudinales de color pardo oscuro, con hojas compuestas, alternas bipinnadas y con dos a cuatro pares de pinnulas ovaladas. En nuestra región, representa a una de las especies con mayor importancia económica y fue escogida para este estudio debido a la disponibilidad de esta especie en parcelas de nuestra área de estudio.

Los Bosques Secundarios de Tierra Firme son áreas de regeneración natural, se ubican en las coordenadas UTM zona 18: 680552 Km E y 9576538 N y tienen una antigüedad mayor de 30 años, en donde predominan las especies: *Alchornea triplinervia* “zancudo caspi”, *Ocotea oblonga* “shishimoena” *Ocotea olivacea* “moena”, *Guarea* sp. “requia”, *Piper* sp. “cordoncillo” *Astrocaryum* chambira “chambira”, *Jacaranda copaia* “huamanzamana”, *Parkia igneiflora* “pashaco”, *Virola elongata* “cumala blanca”, *Poraqueiba sericea* “humari”, *Teobroma subincanum* “sacha cacao”, *Crepidospermum prancei*, “copal blanco”, *Miconia poeppigii* “rifari”, *Brosimum utile* “chingonga”, *Pouroma tomentosa* “sacha uvilla”, *Dialium guianensis* “azúcar huayo”, *Tapirira retusa* “Huirá caspi”, *Pouroma guianensis* “sacha uvilla”, *Guatteria elata* “cahuasca”, *Symphonia glabulifera* “azufre caspi”, *Protium amazónica* “copal”, *Trattinickia peruviana* “copal”, *Ficus guianensis* “renaco” *Teobroma obovatum* “macambo”, *Iacmellea peruviana* “chicle huayo”, *Eschweilera coriácea* “machimango”.

Los muestreos se realizaron de mayo 2016 a enero del 2017. Asimismo, los datos faltantes correspondientes a los meses de diciembre 2015 a abril del 2016 son tomados del proyecto “Macroinvertebrados del suelo colonizadores de la necromasa en plantaciones de especies maderables y bosques secundarios de tierra firme, Iquitos-Perú”⁽⁶⁵⁾.

3.4. Procedimientos de recolección de datos

3.4.1. Determinar la variación de la dinámica física (tasa, tiempo, humedad) de la descomposición anual de la hojarasca fina en diferentes Plantaciones de *Ormosia coccinea* (Aubl.) Jackson “Huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke “Tornillo” y Bosque Secundario de Tierra Firme.

Para determinar la variación de la dinámica física de la descomposición de la hojarasca fina se tuvo que delimitar parcelas de 25 x 50 m en las plantaciones de *O. coccinea* (Huayruro), *C. catenaeformis* (Tornillo), y bosque secundario de tierra firme del CIEFOR-UNAP (Anexo N° 7).

Se confeccionó un total de 270 bolsas de malla de plástico con abertura de 1mm de diámetro, con dimensiones de 15 x 15 cm. y perforaciones espaciadas de 5 mm en toda la malla (para permitir la entrada de los macroinvertebrados del suelo) y selladas mediante costura manual^{(12), (1)}.

En cada una de las parcelas se seleccionó hojas recién caídas de *C. catenaeformis*, *O. coccinea* y bosque secundario, por un periodo máximo de 5 días, estas hojas fueron secadas a temperatura ambiente, pesadas y colocadas en las bolsas de malla de plástico confeccionadas (Anexo N° 7). Las bolsas de mallas de plástico fueron distribuidas aleatoriamente sobre la superficie del suelo por periodos de 30, 60, 120, 180, 270 y 365 días. En cada colecta se retiraron cinco bolsas de malla por parcela (Anexo N° 8). Las bolsas de malla que contenían las muestras de hojarasca fina fueron transportadas y colocadas dentro de una bolsa plástica, donde se

cerró haciendo un nudo para evitar que los especímenes escapen. Posteriormente las muestras fueron llevadas al Laboratorio del Departamento de Fauna de la Facultad de Ciencias Biológicas de la (UNAP) donde se abrieron ambas bolsas y el contenido de la muestra de hojarasca fina fue colocado sobre fuentes y se evaluó los siguientes parámetros físicos de descomposición:

Humedad de la hojarasca: Se procedió a limpiar las hojas, luego estas fueron pesadas en una balanza analítica y posteriormente llevadas a una estufa con temperatura de 70°C durante tres días, para obtener el peso residual de cada una, con este valor, se estimó las tasas de pérdida de peso.

Fórmula: ⁽⁶⁶⁾.

$$CH (\%) = \frac{P_i - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde P_i es el peso inicial de la muestra (hojas pesadas antes de ser colocadas a la estufa) y P_s es el peso seco (hojas pesadas después de haber salido de la estufa). El resultado se expresa en tanto por ciento de peso seco.

Para obtener el peso residual de las hojas se aplicó la siguiente formula:

$$\text{Peso Residual} = \frac{P_s}{P_x} \times 100$$

Dónde: P_s es el peso seco (hojas pesadas después de haber salido de la estufa) y P_x es el peso en el tiempo.

Tasa de descomposición y tiempo de descomposición: ^{(12), (28)}.

$$K = \frac{\ln(X_0) - \ln(X_t)}{t}$$

Derivada del modelo $X_t = X_0 e^{-kt}$ ⁽¹²⁾.

Dónde: LN: Logaritmo natural; X_0 : Peso inicial de las hojas; X_t : Peso en el tiempo; k: Constante instantánea de descomposición; t: tiempo expresado en años.

3.4.2. Determinar la variación de la dinámica estructural (Hojas quebradizas y/o descoloridas, Hojas esqueletizadas y colonización de raíces) de la descomposición de la hojarasca fina en diferentes Plantaciones de *Ormosia coccinea* (Aubl.) Jackson “Huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke “Tornillo” y Bosque Secundario de Tierra Firme.

Para evaluar la variación de la dinámica estructural de la descomposición de la hojarasca fina se tuvo en cuenta los siguientes parámetros de descomposición y grados de intensidad estudiados por Tapia Coral ⁽¹²⁾, siendo los siguientes:

- Porcentaje de hojas quebradas y/o descoloridas
- Hojas esqueletizadas
- Colonización de hojas por raíces

Para las hojas esqueletizadas y colonización de raíces se tuvo en cuenta los grados de intensidad: 0: nada, 1: inicial, 2: poco, 3: regular, 4 bastante, 5: muy intenso. (Anexo 2B).

3.4.3. Determinar la variación de la dinámica biológica (riqueza de macroinvertebrados del suelo) de la dinámica de la hojarasca fina en diferentes Plantaciones de *Ormosia coccinea* (Aubl.) Jackson “Huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke “Tornillo” y Bosque Secundario de Tierra Firme.

Para evaluar la dinámica biológica se extrajeron los macroinvertebrados de suelo y fueron colocados en frascos de vidrio debidamente rotulados conteniendo alcohol al 70 % para obtener los siguientes datos:

- a) Riqueza de macroinvertebrados:** Se determinó identificando y cuantificando el número de grupos taxonómicos de los especímenes obtenidos, según periodos de tiempo de descomposición en cada tratamiento (Anexo N° 2), La identificación se

realizó a nivel de grandes taxa o grupos taxonómicos, con ayuda de claves taxonómicas ⁽⁶⁷⁾ ⁽⁶⁸⁾ referidas a los macroinvertebrados de suelo.

b) Abundancia de los macroinvertebrados: Se determinó contando el número total de individuos por taxa en cada tratamiento.

3.4.4. Relacionar la tasa, tiempo y cambios estructurales de la hojarasca fina con la riqueza de los macroinvertebrados en diferentes Plantaciones de *Ormosia coccinea* (Aubl.) Jackson “Huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke “Tornillo” y Bosque Secundario de Tierra Firme.

Se relacionó los datos de tasa de descomposición, tiempo de descomposición y cambios estructurales de la hojarasca fina vs la riqueza de macroinvertebrados por cada tratamiento.

3.5. Técnicas de procesamientos y análisis de los datos

Para calcular el índice de vida media de la descomposición de la hojarasca fina se realizó la multiplicación de la constante de descomposición (k) por 365 días.

Para comparar la tasa de descomposición entre los tratamientos se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis o prueba de H (representación algebraica) con su comparador el método de Dunn a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, se utilizó esta prueba por tratarse de muestra con distribución no normal y varianza desigual ⁽⁶⁹⁾.

Para evaluar la diversidad de macroinvertebrados del suelo se aplicó el índice de Shannon - Wiener (H') calculado con Ln, a partir de la riqueza y abundancia.

Se realizó la Correlación de Spearman con el propósito de verificar las relaciones existentes entre la tasa de descomposición, tiempo de descomposición y cambios estructurales de la hojarasca fina vs la riqueza de macroinvertebrados en diferentes Plantaciones de *O. coccinea* (Huayruro), *C. catenaeformis* (Tornillo), y bosque secundario de tierra firme.

Los análisis realizados se llevaron a cabo con el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, por sus siglas en inglés) versión 22 para Windows y la hoja de cálculo Excel, así mismo se determinaron porcentajes y se diseñaron gráficos de barras para un mejor entendimiento de los resultados.

3.6. Aspectos éticos

Se consideró relevante la objetividad de la información, toda vez que se tomó in situ los datos de campo y gabinete, con el apoyo desinteresado de todos los involucrados en la investigación, esa predisposición se tomó desde el momento del recojo de información hasta la consolidación de los resultados y se tiene en cuenta la anonimidad de los sujetos implicados en la investigación. Asimismo, se cuidó la propiedad intelectual y se nombraron los autores y el año que no fueron de nuestra autoría. Se cuidó la integridad física de las personas que participan en el proyecto, se tuvo en cuenta la indumentaria adecuada para el trabajo de campo como: botas, camisa manga larga, y machete. Así mismo, en cada muestreo se empleó equipos que permitan la ubicación como brújulas y GPS.

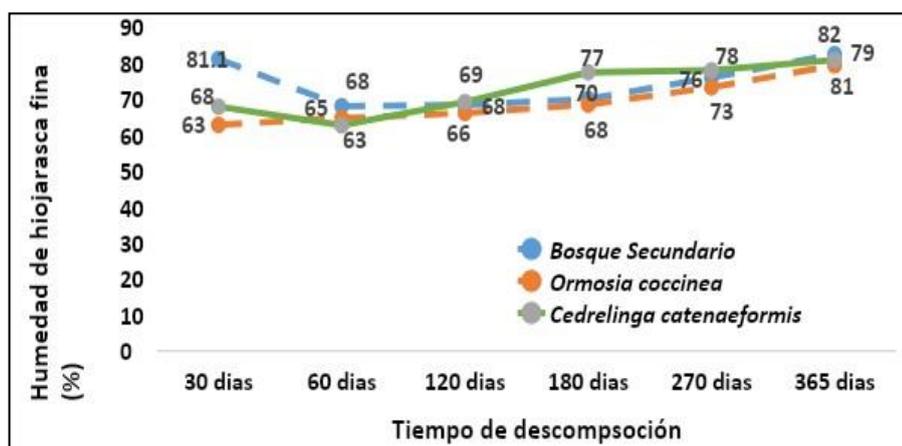
CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Determinación de la variación de la dinámica física.

4.1.1. Humedad de la hojarasca fina

La humedad presente en la hojarasca fina de nuestro estudio osciló entre 63% a 82% durante el proceso de descomposición (Figura N° 2). En todas las zonas de estudios se registró progresivamente un ligero incremento desde los 60 hasta los 365 días de evaluación, obteniendo un contenido de humedad alto al final del periodo de descomposición. Se evidencia diferencia significativa al comparar la humedad de la hojarasca fina entre las plantaciones de *C. catenaeformis*, *O. coccinea* y bosque secundario (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), aplicando el comparador del método de Dunn a un nivel de significancia de 0,05, se encontró que existe diferencia significativa entre la hojarasca fina del bosque secundario y la plantación de *O. coccinea*, de igual forma entre la hojarasca fina de la plantación de *O. coccinea* y la plantación de *C. catenaeformis* ($p < 0,05$) respectivamente, mientras que para la hojarasca fina del bosque secundario y la plantación de *C. catenaeformis* no existe diferencia significativa ($p > 0,05$).

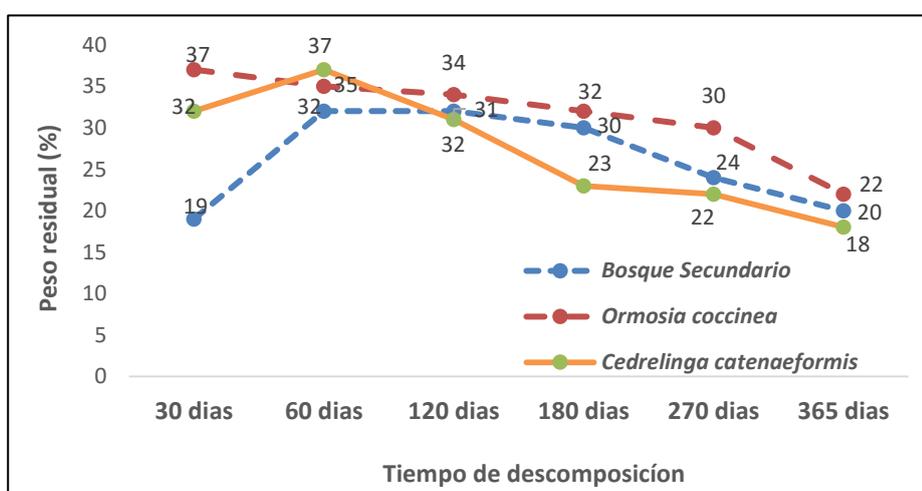
Figura N° 2: Promedio del contenido de humedad de la descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.



4.1.2. Peso residual

La pérdida de peso o peso residual desde el inicio del estudio hasta los 120 días de descomposición, fue mayor que en los periodos siguientes, demostrando una intensa actividad inicial de descomposición, posteriormente se registró un descenso en los valores de peso residual, hasta los 365 días, en todas las zonas de estudio (Figura N° 3), evidenciando un proceso de descomposición más lento y gradual. La plantación de *C. catenaeformis* obtuvo el mayor porcentaje de pérdida de peso de hojarasca fina a los 365 días, en comparación con las otras zonas de estudio. Al comparar el porcentaje de peso residual de la hojarasca fina, se evidencia diferencia significativa entre las zonas de estudio (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$), aplicando el comparador del método de Dunn con nivel de significancia de 0,05, se reporta que no existe diferencia significativa entre la hojarasca fina del bosque secundario y la plantación de *C. catenaeformis* ($p > 0.05$), por el contrario para la hojarasca fina del bosque secundario y la plantación de *O.coccinea* si existe diferencia significativa, al igual que para la hojarasca fina de la plantación de *O.coccinea* y la plantación de *C. catenaeformis* con un ($p < 0.05$).

Figura N° 3: Promedio de peso residual (%) de la descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson "huayruro", *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) ducque "tornillo" y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.



4.1.3. Tasa anual de descomposición y tiempo de descomposición

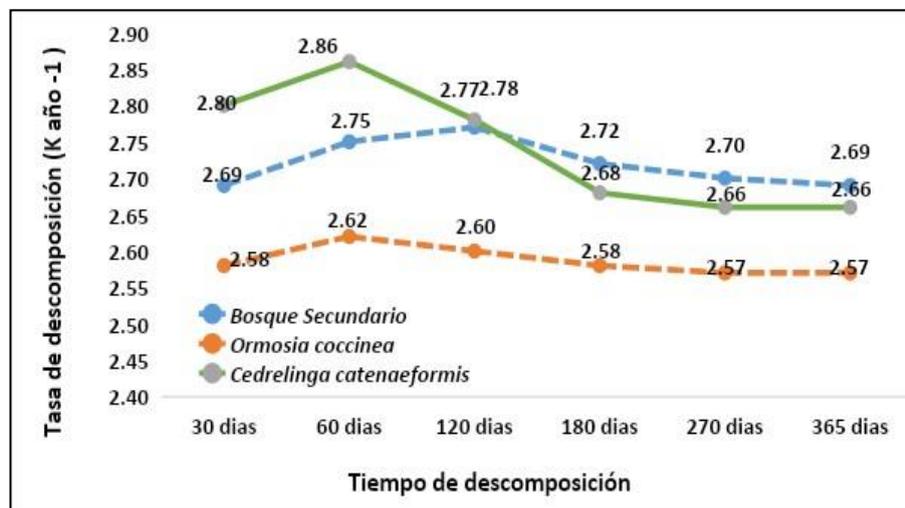
La tasa anual de descomposición de la hojarasca fina en todas las zonas de estudio fue mayor a 2.5 k año^{-1} . La mayor tasa se encontró en el bosque secundario con 2.72 k año^{-1} ($19.04 \text{ k año}^{-1}/\text{ha}$) con un índice de vida media de 134 días, seguido por la plantación de *C. catenaeformis* con una tasa anual de descomposición de 2.69 k año^{-1} ($18.83 \text{ k año}^{-1}/\text{ha}$) con un índice de vida media de 136 días y finalmente para la plantación de *O. coccinea* se registró una tasa anual de descomposición de 2.59 k año^{-1} ($18.13 \text{ k año}^{-1}/\text{ha}$) con un índice de vida media de 141 días (Tabla N° 2). Se evidencia diferencia significativa al comparar la tasa de descomposición (k) de la hojarasca fina entre la plantación de *O. coccinea*, *C. catenaeformis* y bosque secundario (Kruskal- Wallis, $p < 0,05$), aplicando el comparador del método de Dunn a un nivel de significancia de 0,05, demuestra que existe diferencia significativa entre la hojarasca fina de las tres zonas de estudio (Figura N° 4).

Tabla N° 2: Promedio de la tasa anual de descomposición ($K \text{ año}^{-1}$) e índice de vida media (días) de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (*aubl.*) *jackson* "huayruro", *Cedrelinga catenaeformis* (*ducke*) *ducke* "tornillo" y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.

Zona de Estudios	Tasa de descomposición ($K \text{ año}^{-1}$)	Índice de vida media (días)
Bosque Secundario	2.72	134
<i>Ormosia coccinea</i>	2.59	141
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	2.69	136

Con respecto al tiempo, desde los 30 hasta los 120 días se registran los valores más altos de la tasa de descomposición, en todas las zonas de estudio, en este periodo, a los 60 días (Figura N° 4) se registró mayor tasa de descomposición en las plantaciones de *C. catenaeformis* y *O. coccinea* con 2.86 k año^{-1} y 2.62 k año^{-1} respectivamente, después de los 60 días siguió una descomposición lenta y casi lineal hasta los 365 días en todas las zonas de estudio.

Figura N° 4: Promedio de la tasa de descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú., con respecto al tiempo (días).

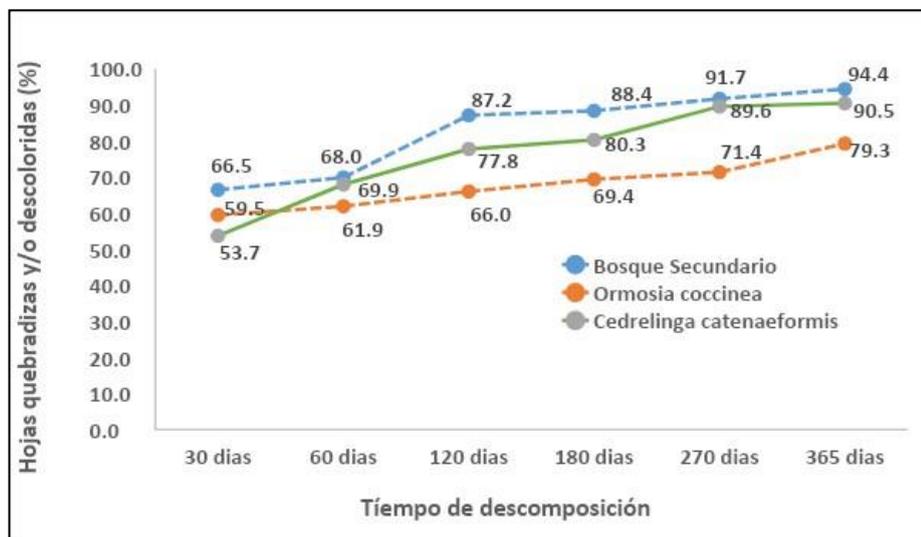


4.2. Determinación la variación de la dinámica estructural

4.2.1. Hojas quebradizas y/o descoloridas

El porcentaje de hojas quebradizas y/o descoloridas aumentó gradualmente desde los inicios del estudio hasta los 365 días (Figura N° 5), observándose un mayor porcentaje de incremento en el bosque secundario con 94,4%, seguido de la plantación de *C. catenaeformis* con 90.5% y finalmente la plantación de *O. coccinea* con 79.3%. Se reporta diferencia significativa al comparar las hojas quebradizas y/o descoloridas de la hojarasca fina entre la plantación *O. coccinea*, *C. catenaeformis* y bosque secundario de (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), Las diferencias se observan entre el bosque secundario y la plantación de *O. coccinea*, entre la plantación de *O. coccinea* y la plantación de *C. catenaeformis*, ambos con $p < 0,05$ (método de Dunn a un nivel de significancia de 0,05).

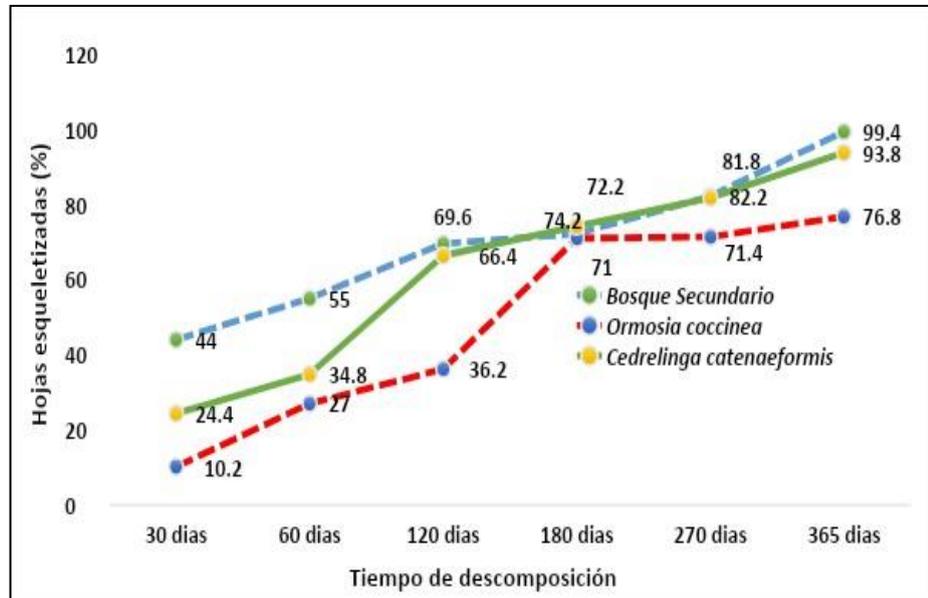
Figura N° 5: Promedio de hojas quebradizas y/o descoloridas (%) de la descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.



4.2.2. Hojas esqueletizadas

Similar a lo observado en el proceso anterior, la esqueletización también aumentó gradualmente desde los inicios del estudio hasta los 365 días (Figura N° 6), observándose un mayor incremento del porcentaje en bosque secundario con 99,4 %, seguido por la plantación de *C. catenaeformis* con 93,8% y finalmente la plantación de *O. coccinea* con 76,8%, siendo estos valores diferentes significativamente (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), aplicando el comparador del método de Dunn a un nivel de significancia de 0,05, las diferencias se observaron entre el bosque secundario y la plantación de *O. coccinea*, y entre la plantación de *O. coccinea* y la plantación de *C. catenaeformis* ambos con $p < 0,05$.

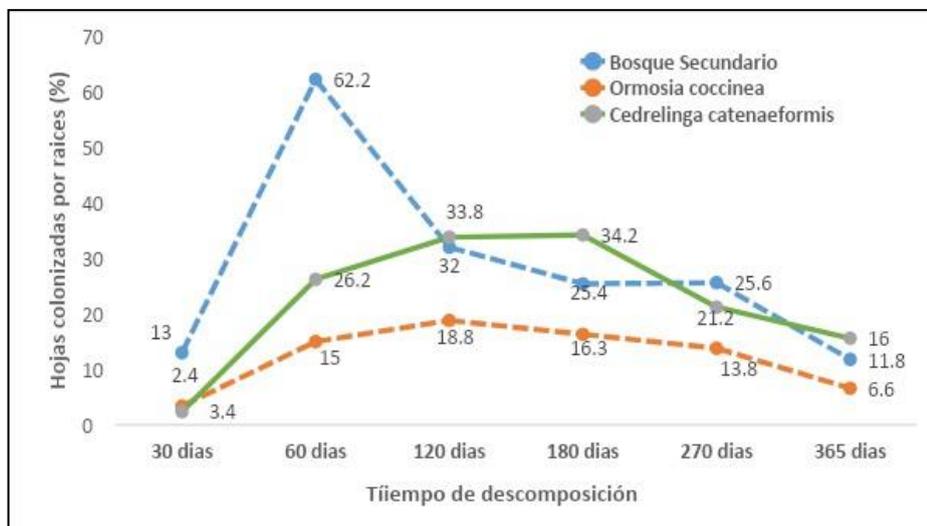
Figura Nº 6: Promedio de hojas esqueletizadas (%) de la descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.



4.2.3. Colonización de raíces

La colonización de raíces en la hojarasca fina se inicia tempranamente desde los 30 días y continúa durante todo el estudio. Esta actividad es significativamente diferente entre las plantaciones de *O. coccinea*, *C. catenaeformis* y bosque secundario (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Aplicando el comparador del método de Dunn a un nivel de significancia de 0,05 se registró que existe diferencia significativa entre las tres zonas de estudio. Aunque todas las zonas de estudio registran un incremento a los 60 días, en el bosque secundario disminuye drásticamente a los 120 días y continúa así hasta el final del estudio. Sin embargo, en las plantaciones de *O. coccinea* y *C. catenaeformis* aumenta gradualmente hasta los 120 días y luego desciende paulatinamente (Figura Nº 7). El pico de máxima colonización de raíces en hojarasca fina se registró en el bosque secundario a los 60 días.

Figura N° 7: Promedio de hojas colonizadas por raíces de la descomposición de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson "huayruro", *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) ducke "tornillo" y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.



4.3. Determinación de la variación de la dinámica biológica

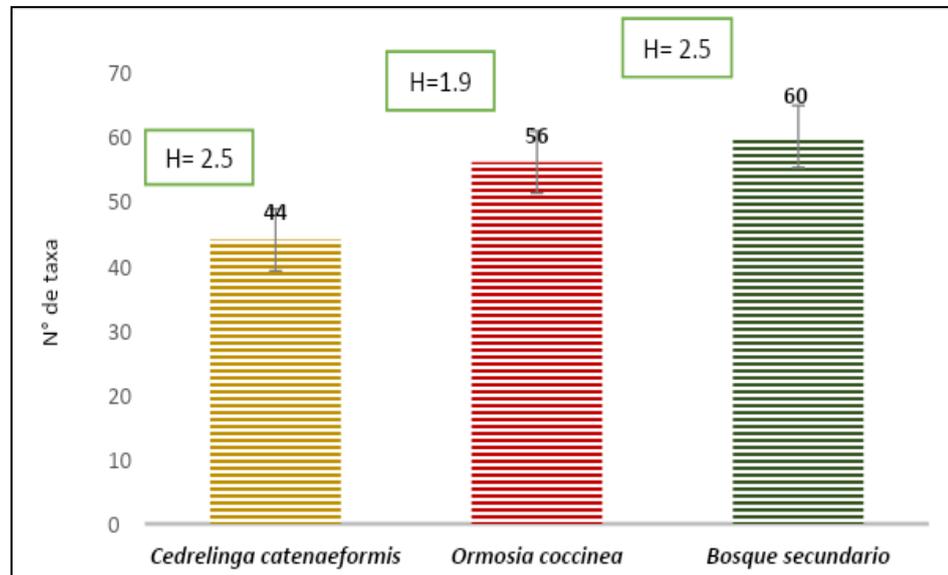
4.3.1. Riqueza de macroinvertebrados

La riqueza estuvo conformada por 03 filos, 11 clases, 28 órdenes y 86 familias (Tabla N° 3). El filo más diverso fue Artrópodos con 9 clases registradas. Los órdenes con mayor número de familias fueron: Ácaros, Coleópteros, Dípteros y Hemípteros con 35%, 14%, 3% y 3% respectivamente. Los ácaros pertenecientes al grupo de los arácnidos reportan el mayor número de familias identificadas. Del grupo de los insectos, los coleópteros fueron los más ricos con 14 familias reportadas (Tabla N° 3). En las plantaciones de *C. catenaeformis*, *O. coccinea* y bosque secundario, no se evidencian variaciones drásticas del número de taxa, este número se incrementa de 44 a 60 grupos taxonómicos respectivamente (Figura N° 8). Sin embargo, la diversidad es media, así lo reflejan los índices de Shannon (H') obtenidos en cada zona de estudio: (2.5, 1.9 y 2.5 respectivamente).

Tabla N° 3: Riqueza de Macroinvertebrados del Suelo en hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelingacatenaeformis* (ducke) ducque “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.

FILO	CLASE	ORDEN	N° de Familias
Moluscos	Gasterópodos	Basommatóforos	1
		Ostracódos	1
Anélidos	Oligoquetos	Haplotaxidos	1
Artrópodos	Arácnidos	Ácaros	35
		Arañas	2
		Seudoescorpiones	1
	Malacostráceos	Isópodos	2
	Quilópodos	Scolopendromorfos	1
		Geofilomorfos	1
	Diplópodos	Juliformes	1
		Polidesmidos	1
	Paurópodos	Hexameroceratos	1
	Sínfilos	NI	1
	Colémbolos	Entomobriomorfos	2
		Sinfipleones	1
		Poduromorfos	2
	Dipluros	NI	1
	Insectos	Ortópteros	1
		Blatarios	1
		Isópteros	2
		Embiidinos	1
		Dermapteros	2
		Hemipteros	3
		Coléopteros	14
		Dipteros	3
		Tricopteros	1
Lepidopteros		1	
Hymenopteros	2		
3	11	28	86

Figura N° 8: Taxa de Macroinvertebrados del Suelo en hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelingacatenaeformis* (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.



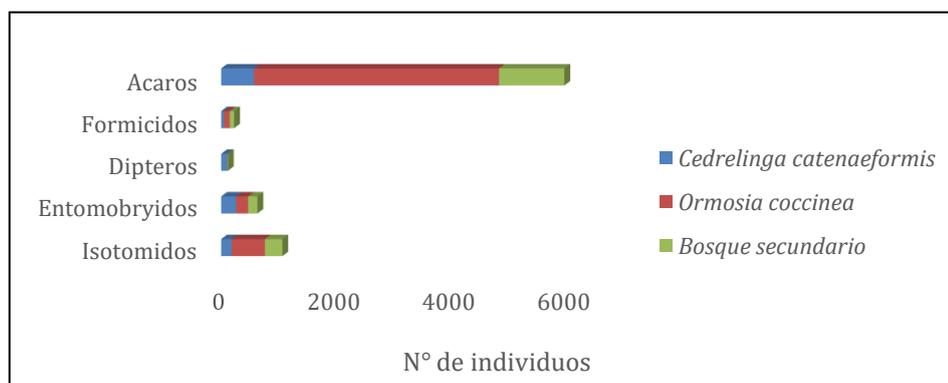
La Abundancia de macroinvertebrados del suelo colonizadores de la descomposición de hojarasca fina fue de 8909 individuos entre las tres zonas de estudio, siendo de mayor abundancia en la plantación de *O. coccinea* con 5403 individuos (37.821 ind/ha), seguido por el bosque secundario con 1879 individuos (13.153 ind/ha) y en menor abundancia lo obtuvimos en la plantación de *C.catenaeformis* con 1627 individuos (11.389 ind/ha), los ácaros fueron el grupo taxonómico más abundante (Tabla N° 4), seguido de los isotomidos y vespídos. Aunque la plantación de *O. coccinea* registró el mayor número de individuos, no se evidencia diferencias significativas entre las zonas de estudio (Kruskall-Wallis, $p=0,91$). Además de las familias de ácaros, registramos como familias más abundantes a isotomidos, dípteros, entomobryidos, rhinotermitidos y formícidos, estas pertenecen a los órdenes colémbolos, isópodos e himenópteros del grupo de los insectos (Figura N° 9).

Tabla Nº 4: Abundancia de macroinvertebrados del suelo en hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelinga catenaefomis* (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.

Nº	Taxa	<i>Cedrelinga catenaefomis</i>	<i>Ormosia coccinea</i>	Bosque secundario	Total
1	Planorbidos	6	0	2	8
2	Podocopidos	0	23	29	52
3	Glossoscolécidos	134	18	34	186
4	Acaros	569	4237	1133	5938
5	Paratropidos	3	0	9	12
6	Arañas	1	6	11	18
7	Opiliones	1	0	0	1
8	Quernetidos	9	11	5	25
9	Cylisticidos	14	18	8	40
10	Porcelionidos	2	2	1	5
11	Cryptopidos	40	1	0	41
12	Geofilomorfos	4	0	2	6
13	Julidos	8	5	9	22
14	Paradoxosomatidos	30	5	4	39
15	Hexameroceratos	1	1	0	2
16	Escutigereidos	10	0	2	12
17	Isotomidos	177	580	302	1059
18	Entomobryidos	258	208	161	627
19	Dicyrtomidos	0	73	4	77
20	Hypogastruridos	0	0	5	5
21	Campodeidos	15	4	12	31
22	Tysanuros	1	0	0	1
23	Grillidos	0	1	8	9
24	Blaberidos	4	12	4	20
25	Rhinotermitidos	1	0	0	1
26	Termitidos	1	0	0	1
27	Oligotómidos	0	1	1	2
28	Plecopteros	0	1	0	1
29	Psocopteros	1	0	0	1
30	Labiidos	0	0	1	1
31	Forficulidos	2	0	0	2
32	Reduvidos	0	0	1	1
33	Aradidos	0	1	0	1
34	Escuteleridos	1	0	0	1

35	Bostríquidos	1	0	0	1
36	Elateridos	4	0	1	5
37	Estafilínidos	1	8	7	16
38	Dytiscidos	0	0	3	3
39	Passalidos	3	0	2	5
40	Cysidos	0	10	0	10
41	Carabidos	7	3	1	11
42	Ptiliidos	0	38	0	38
43	Hidrofilidos	0	0	4	4
44	Escarabidos	95	18	18	132
45	Scolytidos	0	1	0	1
46	Selafidos	0	2	0	2
47	Dipteros	103	4	9	116
49	Culícidos	0	0	2	2
50	Ceratopogonidos	0	0	2	2
51	Tipulidos	1	0	0	1
52	Quironomidos	0	0	1	1
53	Flaeotripidos	27	2	5	34
54	Lepidopteros	26	0	0	26
55	Formicidos	47	101	76	224
56	Vespidos	19	0	0	19
57	Curculionidos	0	6	0	6
58	Nábidos	0	1	0	1
59	Rhysodidos	0	1	0	1
	Total	162	540	187	8909
		7	3	9	

Figura N° 9: Familias más abundantes de macroinvertebrados del suelo colonizadores de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea*(aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) ducque “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.

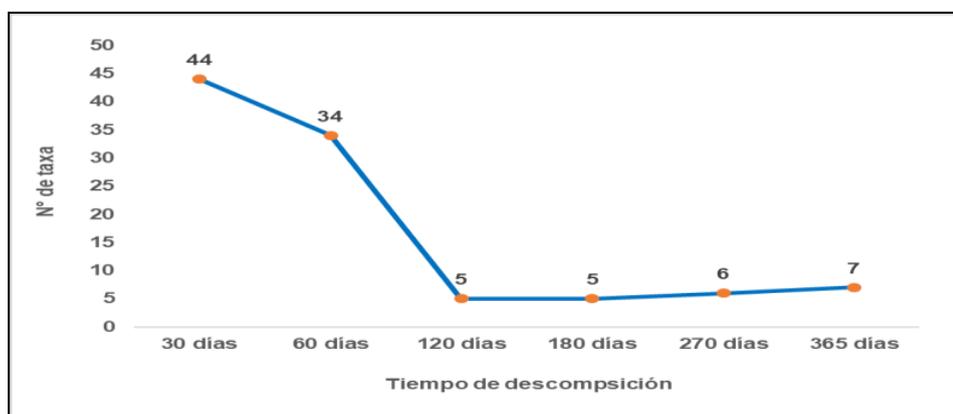


La colonización de macroinvertebrados de suelo presentes en la hojarasca fina se evidencia desde los 30 días, ascendiendo súbitamente a los 60 días, esta va decreciendo poco a poco, hasta llegar a los 365 días (Figura N° 10), existiendo diferencias significativas entre las zonas de estudio (Kruskall-Wallis, $p=0,0$). Con respecto a la riqueza no existe variación drástica del número de taxa durante la colonización de los macroinvertebrados del suelo, solo se observa una ligera disminución hacia los 60 días (Figura 11) y una notable disminución en los 365 días.

Figura N° 10: Tiempo de ocurrencia en días de los macroinvertebrados del suelo en hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú., según tiempo de ocurrencia.



Figura N° 11: Número de taxa y tiempo de ocurrencia en días de los macroinvertebrados del suelo colonizadores de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) ducke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú., según tiempo de ocurrencia.



De los 56 taxa registrados, solo 16 fueron registrados como únicos en las diferentes zonas de estudio, A los 30 días ocurren Tysanuros, Forficulidos, Aradidos, Dytiscidos y Culicidos, luego desaparecen, a los 60 días aparecen Psocopteros y Escuteleridos. A los 120 días ocurren Campodeidos, Escarabidos, luego desaparecen, a los 180 días aparecen Termitidos, luego desaparecen, a los 270 días ocurren Escarabidos y Curculionidae, luego desaparecen y por último a los 365 días ocurren Estafilínidos, Nabidae y Rhyssodidae. Todos estos grupos aparecen en cantidades inferiores (Tabla N° 5).

Tabla N° 5: Abundancia de macroinvertebrados del suelo colonizadores de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) dücke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú., según tiempo de ocurrencia.

TAXA	30 días	60 días	120 días	180 días	270 días	365 días	Total
Planorbidos	6	2	0	0	0	0	8
Podocopidos	0	52	0	0	0	0	52
Glossoscolécidos	127	59	0	0	0	0	186
Acaros	1933	3163	132	171	241	298	5938
Paratropidos	12	0	0	0	0	0	12
Arañas	7	11	0	0	0	0	18
Opiliones	1	0	0	0	0	0	1
Quernetidos	16	9	0	0	0	0	25
Cylisticidos	33	7	0	0	0	0	40
Porcelionidos	0	5	0	0	0	0	5
Cryptopidos	40	1	0	0	0	0	41
Geofilomorfos	2	4	0	0	0	0	6
Julidos	5	17	0	0	0	0	22
Paradoxosomatidos	29	10	0	0	0	0	39
Hexameroceratos	0	2	0	0	0	0	2
Escutigereidos	8	4	0	0	0	0	12
Isotomidos	313	499	4	107	94	42	1059
Entomobryidos	222	253	11	81	53	7	627
Dicyrtomidos	5	7	0	32	13	20	77
Hypogastruridos	5	0	0	0	0	0	5
Campodeidos	22	8	1	0	0	0	31
Tysanuros	1	0	0	0	0	0	1
Grillidos	9	0	0	0	0	0	9
Blaberidos	14	6	0	0	0	0	20

Rhinotermitidos	1	0	0	0	0	0	1
Termitidos	0	0	0	1	0	0	1
Oligotómidos	1	0	0	0	0	0	2
Plecopteros	0	1	0	0	0	0	1
Psocopteros	0	1	0	0	0	0	1
Labiidos	1	0	0	0	0	0	1
Forficulidos	2	0	0	0	0	0	2
Reduvidos	0	1	0	0	0	0	1
Aradidos	1	0	0	0	0	0	1
Escuteleridos	0	1	0	0	0	0	1
Bostriquidos	1	0	0	0	0	0	1
Elateridos	5	0	0	0	0	0	5
Estafilinidos	5	4	0	0	0	7	16
Dytiscidos	3	0	0	0	0	0	3
Passalidos	5	0	0	0	0	0	5
Cysidos	10	0	0	0	0	0	10
Carabidos	4	7	0	0	0	0	11
Ptilliidos	6	32	0	0	0	0	38
Hidrofilidos	0	4	0	0	0	0	4
Escarabidos	80	43	3	0	6	0	132
Scolytidos	1	0	0	0	0	0	1
Selafidos	0	2	0	0	0	0	2
Dipteros	107	9	0	0	0	0	116
Culícidos	2	0	0	0	0	0	2
Ceratopogonidos	0	2	0	0	0	0	2
Tipulidos	1	0	0	0	0	0	1
Quironomidos	1	0	0	0	0	0	1
Flaeotripidos	33	1	0	0	0	0	34
Lepidopteros	26	0	0	0	0	0	26
Formicidos	85	139	0	0	0	0	224
Vespidos	5	14	0	0	0	0	19
Curculionidae	0	0	0	0	6	0	6
Nabidae	0	0	0	0	0	1	1
Rhysodidae	0	0	0	0	0	1	1
TOTAL	3192	4380	151	392	413	376	8909

Según los índices no paramétricos empleados, indican que el número de taxas observadas estaban muy próximos a lo esperado. La abundancia específica de macroinvertebrados del suelo 8909 Número de individuos observados (56 taxa) que se acercó más a lo esperado fue Bootstrap (63 taxa), seguido de Chao 2 (69 taxa) y Jack 1 (76 taxa) indicando además que faltaron realizar más muestreos (Figura 6). La misma tendencia se observa aplicando la curva de acumulación de especies o curva de Clench, indica que el número de taxas esperadas fue de 63 especies y las observadas 56, lo cual representa el

88.88% de los macroinvertebrados del suelo que fueron registradas.

Figura N° 12: Índices no paramétricos aplicados a la taxa de macroinvertebrados del suelo en hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) duccke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.

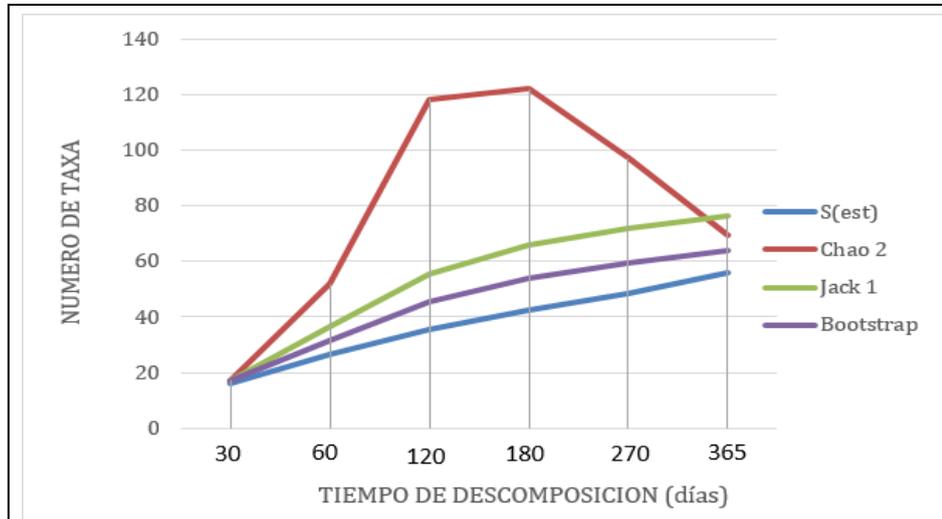
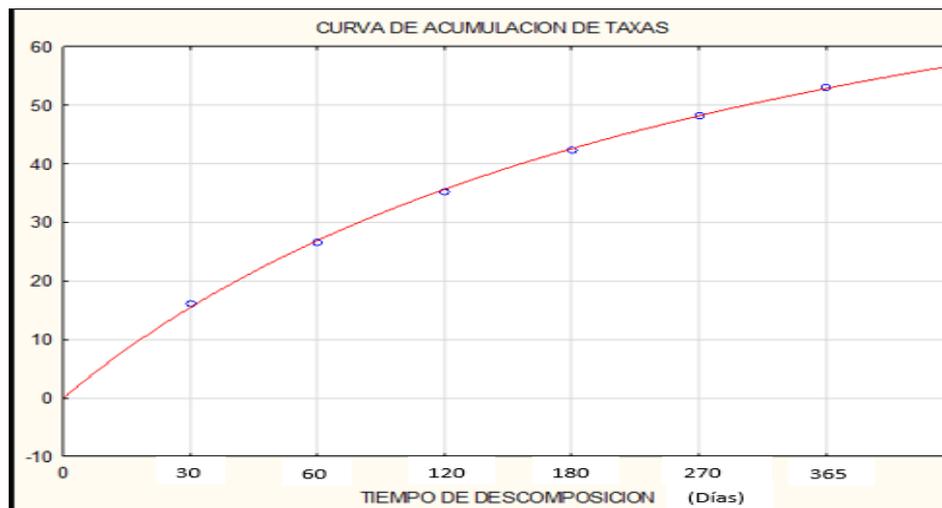


Figura N° 13: Curva de acumulación (curva de Clench) de taxa de macroinvertebrados de suelo en hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) duccke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.



4.4. Correlación de la tasa, tiempo y cambios estructurales de la hojarasca fina con la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados

Correlacionando las variables (con valores por encima de 0.5), se observó que la tasa de descomposición y la riqueza de macroinvertebrados en bosque secundario están fuertemente correlacionadas de forma directa, a mayor riqueza mayor tasa de descomposición. Por el contrario, el tiempo de descomposición se correlacionó fuertemente, pero de forma inversa con la abundancia de macroinvertebrados, siendo marcado en el bosque secundario y plantación de *O. coccinea*, es decir a mayor abundancia menos tiempo de descomposición. De igual forma se reporta la correlación entre el porcentaje de las hojas quebradizas y/o descoloridas, y la abundancia de macroinvertebrados como fuerte e inversa.

Tabla Nº 6: Correlación de macroinvertebrados del suelo entre cambios estructurales de la hojarasca fina en diferentes plantaciones: *Ormosia coccinea* (aubl.) jackson “huayruro”, *Cedrelinga catenaeformis* (ducke) dücke “tornillo” y bosque secundario de tierra firme, Iquitos-Perú.

Pares	Correlación de Sperman	p
Tasa de descomposición vs abundancia de macroinvertebrados en bosques secundarios	-0.09	0.44
Tasa de descomposición vs abundancia de macroinvertebrados en <i>Ormosia coccinea</i>	-0.09	0.45
Tasa de descomposición vs abundancia de macroinvertebrados <i>Cedrelinga catenaeformis</i>	0.27	0.03*
Tasa de descomposición vs riqueza de macroinvertebrados en bosques secundarios.	0.74	0.00*
Tasa de descomposición vs riqueza de macroinvertebrados en <i>Ormosia coccinea</i>	-0.21	0.07
Tasa de descomposición vs riqueza de macroinvertebrados <i>Cedrelinga catenaeformis</i>	-0.28	0.02*
Tiempo vs riqueza de macroinvertebrados en bosques secundarios	-0.36	0.00*
Tiempo vs riqueza de macroinvertebrados en <i>Ormosia coccinea</i>	-0.41	0.00*
Tiempo vs riqueza de macroinvertebrados <i>Cedrelinga catenaeformis</i>	-0.01	0.09
Tiempo vs abundancia de macroinvertebrados en bosques secundarios	-0.62	0.00*
Tiempo vs abundancia de macroinvertebrados en <i>Ormosia coccinea</i>	-0.65	0.00*
Tiempo vs abundancia de macroinvertebrados <i>Cedrelinga catenaeformis</i>	-0.45	0.00*
Porcentaje de hojas esqueletizadas vs abundancia de macroinvertebrados en bosques secundarios	-0.49	0.00*

Porcentaje de hojas esqueletizadas vs abundancia de macroinvertebrados en <i>Ormosia coccinea</i>	-0.39	0.00*
Porcentaje de hojas esqueletizadas vs abundancia de macroinvertebrados en <i>Cedrelinga catenaeoformis</i>	-0.58	0.00*
Porcentaje de hojas quebradizas y/o descoloridas vs abundancia de macroinvertebrados en bosques secundarios	-0.63	0.00*
Porcentaje de hojas quebradizas y/o descoloridas vs abundancia de macroinvertebrados en <i>Ormosia coccinea</i>	-0.61	0.00*
Porcentaje de hojas quebradizas y/o descoloridas vs abundancia de macroinvertebrados en <i>Cedrelinga catenaeoformis</i>	-0.66	0.00*
Porcentaje de hojas colonizadas vs abundancia de macroinvertebrados en bosques secundarios	0.03	0.79
Porcentaje de hojas colonizadas vs abundancia de macroinvertebrados en <i>Ormosia coccinea</i>	-0.28	0.02*
Porcentaje de hojas colonizadas vs abundancia de macroinvertebrados en <i>Cedrelinga catenaeoformis</i>	-0.49	0.00*

Significativo*

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este estudio evidenció que entre las plantaciones de *O. coccinea*, *C. catenaeformis*, y bosque secundario, existen variaciones significativas en la mayoría de procesos físicos, estructurales y biológicos que están relacionadas con la descomposición de la hojarasca fina.

La humedad uno de los primeros parámetros físicos evaluados en la hojarasca fina que se incrementó ligeramente durante el estudio, específicamente desde los 60 hasta los 365 días, reportó mayor contenido de humedad en el bosque secundario de tierra firme, siendo significativamente diferente, este efecto puede explicarse por la variabilidad de especies que existen en el bosque secundario de tierra firme, en donde algunas de estas especies presentes en este tipo de bosque retienen humedad y por varias características como la consistencia, el tamaño, la dureza y área específica de la hojarasca fina, todo esto corroborado por lo descrito hasta la actualidad de que el bosque natural está compuesto por una variabilidad de especies y por lo tanto existe especies que retienen mayor humedad que otras ⁽⁷⁰⁾.

El segundo parámetro físico evaluado fue la pérdida de peso de la hojarasca fina, este proceso fue intenso en los primeros 120 días, se asume que esto ocurre en períodos de mayor precipitación, durante esos meses la temporada de lluvias son constantes, tal como se observa en los datos del SENAMHI del 2016, donde se indica que la precipitación en promedio fue de 298 mm en los tres primeros tiempos del estudio, en comparación con los posteriores donde la precipitación fue menor; los valores altos de la precipitación en los primeros meses del estudio propician además el enterramiento de materia vegetal, lo que coincide con la mayor aceleración de pérdida de peso en el proceso de descomposición⁽²³⁾, lo que sugiere que posiblemente las lluvias incrementaron el lavado en la fase inicial, tal como sucedió en nuestro caso. La rápida desaparición de la tasa inicial del material vegetal en los primeros meses, puede ocurrir también debido a la lixiviación de compuestos solubles, así mismo en ese momento se inicia el desarrollo de las poblaciones

microbianas que empiezan a consumir los compuestos más fácilmente degradables, en consecuencia las pérdidas de peso se realizan rápidamente (17).

Las tasas anuales de descomposición de la hojarasca fina reportadas en este estudio fueron más altas que las encontradas en otros tipos de bosques, como Sarawak, amazonia central y en el centro de interpretación de Jenaro Herrera⁽¹²⁾. El valor de 2.72 k año^{-1} registrado en este estudio está dentro de los rangos de 0.162 a^{-1} a 3.60 a^{-1} reportado para la hojarasca fina en un bioma bosque húmedo tropical⁽¹⁹⁾ en una posición intermedia con un promedio entre las zonas de estudio de 2.66 a^{-1} . El índice promedio de vida media de la hojarasca fina en este estudio fue de 134 días para el bosque secundario, siendo este valor mayor a las otras dos zonas de estudio, pero a la vez siendo más bajo de lo que generalmente se encuentra en la amazonia, las condiciones ambientales cambiantes y constantes en el trópico húmedo, podría ser el factor determinante, tal como se menciona en otros estudios⁽¹²⁾ que aun siendo del mismo trópico húmedo, su índice de vida media fue 140 días en todos sus tratamientos, es decir con un promedio de índice de vida media mucho mayor de lo que nosotros hemos encontrado. Otro aspecto a tener en cuenta en estos procesos son el alto contenido de celulosa y lignina, los más abundantes componentes de la hojarasca, estos componentes son descompuestos lentamente y podría estar influenciando en la reducción de la tasa de descomposición de la hojarasca al inicio y final del proceso⁽²⁰⁾. La textura de las hojas es otra variable a considerar en la tasa de descomposición debido a que las especies vegetales que presentan una mayor suavidad, registran valores más altos respecto a especies con una dureza superior⁽²¹⁾, tal es el caso de la hojarasca fina del bosque secundario en nuestro estudio, que se asume que la gran mayoría de las especies sean de hojas de textura suave.

Entre los parámetros estructurales el proceso de hojas quebradizas y/o descoloridas, y esqueletizadas aumentó gradualmente desde los inicios del estudio hasta los 365 días, esto se relaciona directamente con la rápida aparición de grupos taxonómicos y poblaciones abundantes de los macroinvertebrados en los primeros meses, corroborado por la correlación

significativa entre los porcentajes de hojas esqueletizadas, quebradizas y descoloridas versus la abundancia de macroinvertebrados. Por el contrario la colonización de raíces tuvo una tendencia acelerada desde los 60 días hasta los 120 días y luego se fue desacelerando hasta el final del periodo de evaluación. El factor determinante para este proceso serían las condiciones climáticas del ambiente y condiciones edáficas del lugar que permitieron el rápido crecimiento radicular y su adhesión a la hojarasca ⁽¹⁶⁾.

Desde el enfoque biológico la dinámica de descomposición de la hojarasca fina está marcada principalmente por la actividad de los macroinvertebrados del suelo, este grupo estuvo conformada por 03 filos, 11 clases, 28 órdenes y 86 familias. El filo más diverso fue Artrópodos tal como lo reportan la mayoría de estudios, incluso algunos realizados en la misma área ⁽¹⁰⁾ quienes reportan también a Moluscos, Anélidos y Artrópodos como filos predominantes. Aunque se registra un gran número de familias, la diversidad es media, esto debido a la constante intervención antrópica que tiene el área con fines de investigación. Aunque la plantación de *O. coccinea* registró el mayor número de individuos, no se evidencia diferencias significativas entre las zonas de estudio, sugiriendo este resultado que pueden existir grupos de macroinvertebrados de suelo predominantes que ayudan a mejorar las condiciones de estabilidad edáfica tanto en parcelas de plantas maderables como en los bosques secundarios. Estudios anteriores reportan a isóptera como predominante ⁽¹³⁾, por el contrario nuestro estudio reporta a los ácaros, esta diferencia puede atribuirse en primer lugar a las condiciones de humedad ⁽⁷¹⁾ del área, óptimo para el desarrollo de este grupo, así como a la disponibilidad de colémbolos como alimento, organismos que también fueron encontrados en un gran número en la hojarasca fina.

La intensidad de la dinámica de descomposición registrada desde los 30 días del estudio, corrobora lo descrito hasta la actualidad sobre la influencia de tres factores, la calidad del recurso vegetal, los organismos descomponedores presentes y las condiciones ambientales ⁽³³⁾. Las condiciones ambientales propias del periodo lluvioso con temperaturas por debajo de 24°C y 80% de humedad según los datos de SENAMHI del 2016, podrían estar influenciando

en la pérdida de peso y esqueletización de la necromasa, sumado a la ocurrencia temprana de los macroinvertebrados, que participan de forma directa en la fragmentación del material vegetal muerto incrementando la superficie del suelo y sobre la cual actúan los microorganismos, transformando los residuos vegetales en humus ⁽³⁴⁾. La correlación significativa observada entre la tasa de descomposición y la riqueza de macroinvertebrados así como la correlación negativa observada entre el tiempo de descomposición versus abundancia de macroinvertebrados en todas las zonas de estudio nos reafirma que a mayor cantidad de grupos taxonómicos y mayor abundancia de individuos los procesos ecológicos se aceleran. Así mismo la correlación entre el porcentaje de hojas quebradizas y/o descoloridas versus abundancia de macroinvertebrados fue significativa y negativa, demostrando esto que aunque exista un gran número de individuos no todos desarrollan la misma actividad ecológica y que los factores físicos como la humedad y otros son necesarios en los procesos de descomposición.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

La dinámica de la descomposición de hojarasca es un proceso importante dentro del ecosistema es así, que involucra además un conjunto de procesos complejos que incluyen agentes químicos, físicos y biológicos, que actúan sobre una variedad de sustratos orgánicos que cambian constantemente ⁽¹⁵⁾. Los bosques tropicales como hábitats autosuficientes, mantienen el equilibrio nutricional gracias a la existencia de una alta diversidad biológica y de un eficiente mecanismo de conservación de nutrientes. Por lo tanto, nuestra propuesta es:

Difundir entre los que manejan sistemas forestales un tríptico sobre la descomposición de la hojarasca fina y las buenas prácticas forestales, para un mayor conocimiento eficaz y un modo de empleo en el manejo productivo (Anexo N° 6), asimismo, promover la inserción de imágenes generadas a los Macroinvertebrados colonizadores de la descomposición de la hojarasca fina en plantaciones de *C. catenaeformis*, *O. coccinea* y Bosque Secundarios en el material didáctico de las carreras afines a las Ciencias Biológicas (Anexo N° 10).

CAPITULO VII: CONCLUSIONES

1. La dinámica de descomposición de la hojarasca fina en las diferentes plantaciones de *O. coccinea*, *C. catenaeformis*, y bosque secundario presenta variaciones significativas en la mayoría de los procesos físicos, estructurales y biológicos, iniciándose tempranamente y de forma intensa.
2. La variación de la dinámica física de la hojarasca fina está marcada por el aumento de la humedad de forma progresiva, con una pérdida de peso de forma intensa al iniciar la descomposición, y una tasa anual de descomposición mayor a 2.5 k año^{-1} y un índice de vida media de 134 días.
3. La variación de la dinámica estructural de la hojarasca fina está marcada por el aumento gradual de las hojas quebradizas, esqueletizadas y colonización de raíces, siendo mayor en el bosque secundario.
4. La colonización de raíces en la hojarasca fina se inicia tempranamente desde los 30 días y continúa durante todo el estudio, siendo el pico máximo en el bosque secundario a los 60 días.
5. Los ácaros fueron el grupo de macroinvertebrados con mayor número de familias identificadas, asimismo la colonización en la hojarasca fina se inició a los 30 días, ascendiendo súbitamente a los 60 días y decreciendo poco a poco, hasta llegar a los 365 días.
6. La tasa de descomposición y la riqueza de macroinvertebrados de suelo en bosque secundario está fuerte y directamente correlacionada, por el contrario, el tiempo de descomposición se correlacionó fuerte e inversamente con la abundancia, siendo marcado en el bosque secundario y plantación de *O. coccinea*, es decir a mayor abundancia menos tiempo de descomposición.

CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES

1. Al seleccionar las zonas de muestreos tener cuidado de que no estén cerca a lugares antrópicos, y al momento de coleccionar las muestras para llevarlas al laboratorio para su identificación sea lo más pronto posible, antes que los macroinvertebrados se extravíen y el peso de la hojarasca fina varíe.
2. Considerar a las especies *O. coccinea* “Huayruro” y *C. catenaefomis* “Tornillo” como componentes principales de actividades de reforestación y otros sistemas forestales, por tener diversos micro hábitats, y que forman el componente de hojarasca fina, lo mismo que favorecen su dinámica física, estructural y biológica.
3. Continuar con los estudios de descomposición de hojarasca fina de las diferentes especies tropicales para poder realizar la construcción de un registro de inventario, que permitan relacionar la descomposición de hojarasca entre la dinámica física, estructural, biológica, química y bioquímica, permitirán establecer y plantear guías de manejo, de acuerdo a la oferta ambiental y cualidades del sitio de estudio, así para tener una mayor precisión de su intervención, aproximación de su proceso y entender como estas se relacionan entre sí.
4. Para un estudio más amplio de la descomposición de hojarasca fina, se deberá considerar la dinámica química o bioquímica, dinámica física (temperatura y humedad del suelo) para obtener resultados más detallados, así conocer el grado de intervención.
5. Para estudios más amplios se deberá considerar la relación entre la precipitación y descomposición de hojarasca fina por tiempo de descomposición y también considerar estudios de floración en estas parcelas para incrementar los datos.

CAPITULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bockock KL, Gilbert OJW. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. *Plant Soil*. 1 de diciembre de 1957;9(2):179-85.
2. Norgrove L, Hauser S. Production and nutrient content of earthworm casts in a tropical agrisilvicultural system. *Soil Biology & Biochemistry*. 2000; 32:1651-60.
3. Kumar Dutta R, Agrawal M. Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. *Pedobiologia*. 2001; 45(4):298-312.
4. Landsberg JJ, Gower ST. Applications of physiological ecology to forest management. Academic Press Limited. New York: Copyright; 1997. 371 p.
5. Proctor J. Tropical forest litterfall I. Problems of data comparison. *Tropicalrain forest: ecology and management*. 1983; 267-73.
6. Spain A. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical Australianrainforests. *Journal of Ecology*. 1984; 72(3):947-61.
7. Vitousek, P, Sanford, R. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annu RevEcol Syst*. 1986; 17:137-67.
8. Arguello Arias H. La descomposición de la materia orgánica y su relación con algunos factores climáticos y microclimáticos. *Agronomía Colombiana*. 1991; 8(2):384-8.
9. Zapata Duque CM, León Peláez JD, González Hernández MI, Ramírez JA. Producción de hojarasca fina en bosques altoandinos de Antioquia, Colombia. *colombia*. 2007;60(1):3771-84.
10. Sánchez Vela CM. Macroinvertebrados del suelo en diferentes tipos de vegetación de tierra firme, durante periodos de lluvias, y su relación con factores edáficos, Puerto Almendra, Loreto. [Iquitos-Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.; 2015.
11. Arce Urrea C. Dinámica de descomposición y mineralización de los macronutrientes en hojarasca de plantaciones de *Ormosia coccinea* (Aubl) Jackson, “huayruro” y *Vochysia lomatophylla* Standl, “quillosa”, Iquitos, Loreto, Perú. *Folia Amazónica*. 2007;16(1-2):101-6.
12. Tapia Coral S. Macro-Invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia Peruana. [Tesis de Doutorado]. [Manaus]: IMPA/FUA.; 2004.
13. Cabudivo Moena A, Quintana Vásquez S, Alvan Ruiz JE, Maury Laura ÁE, Bardales Meléndez J de la C, Angulo Ruiz PÁ. Cuantificación del Efecto del Ciclaje de Biomasa en la Concentración de Nutrientes

en Suelos de Plantaciones Forestales Puerto Almendra – Loreto. [Iquitos-Perú]: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana; 2007.

14. Olson JS. Energy Storage and the Balance of Producers and Decomposers in Ecological Systems. *Ecology*. 1963; 44(2):322-31.
15. D'Acunha Sandoval BM. Estudio de la dinámica de la degradación de hojarasca en bosque tropical amazónico utilizando marcadores químicos de descomposición. [Lima-Perú]: Pontificia Universidad Católica del Perú;2015.
16. Swift M, Anderson JM. *Decomposition*. Elsevier, Amsterdam: *Ecosystems of the World 14B*; 1989. 547-569 p. (Tropical Rain Forest Ecosystems: Biogeographical and Ecological Studies).
17. Prause J, Lifschitz AP. Constantes de descomposición de hojas y la relación lignina/celulosa en cuatro especies forestales de la Reserva Estricta de Colonia Benítez-Chaco. *Cátedra Edafol Argent*. 2001;
18. Oliver L, Pérez-Corona E, Bermúdez De Castro F. Degradación de la hojarasca en un pastizal oligotrófico mediterráneo del centro de la Península Ibérica. *Anales de Biología*. 2002; 24:21-32.
19. Del Valle Arango JI. Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos del pacífico colombiano. *INCI [online]*. 2003; 28(3):148-53.
20. Fioretto A, Di Nardo C, Papa S, Fuggi A. Lignin and cellulose degradation and nitrogen dynamics during decomposition of three leaf litter species in a Mediterranean ecosystem. *Soil Biol Biochem*. 1 de junio de 2005; 37(6):1083-91.
21. Chará J, Baird D, Telfer T, Giraldo L. A Comparative Study of Leaf Breakdown of Three Native Tree Species in a Slowly-Flowing Headwater Stream in the Colombian Andes. *Int Rev Hydrobiol*. 1 de mayo de 2007; 92:183-98.
22. Sierra Rozo O, Mancera Pineda JE, Santo Martínez A. Velocidad de Descomposición de la Hojarasca en diferentes Sustratos de Manglar durante la Época de Lluvias en San Andrés Isla, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-Colombia*. 2009;38(1):59-84.
23. García Velásquez LM, Ríos Quintana A, Molina Rico LJ. Estructura, composición vegetal y descomposición de hojarasca en el suelo, en dos sitios de un bosque nublado andino (reforestado y en sucesión espontánea), en Peñas Blancas, Calarcá (Quindío), Colombia. *SciELO*. 2010;32(93):147-64.
24. Marmolejo Moncivais JG, Cantú Ayala CM, Gutiérrez Suárez MA. Degradación de la hojarasca en sitios con vegetación primaria y secundaria del matorral espinoso tamaulipeco. *Revista mexicana de*

- ciencias forestales, México [Internet]. 2013;4(17). Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322013000300016
25. Bock K, Gilbert O, Capstick CK, Twinn DC, Waid JS, Woodman MJ. Changes in leaf litter when placed on the surface of soils with contrasting humus types. *Soil Science*. 1960;11(1):1-9.
 26. Rivera Vásquez R, Soto Pinto L, Núñez Colín CA, De Jung B, Hernández Rivera MaG, Ordóñez Díaz JAB. Producción y tasa de descomposición de hojarasca en Acahual de selva caducifolia en Chiapas. *Revista mexicana de ciencias forestales, México [Internet]*. 2013; 4(20). Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322013000600003&script=sci_arttext&lng=pt
 27. Colín Vargas CI, Domínguez Gómez TG, González Rodríguez H, Cantú Silva I, Guadalupe Colín J. Dinámica de nutrientes durante el proceso de degradación de la hojarasca en el Matorral Espinoso Tamaulipeco. *Revista mexicana de ciencias forestales, México [Internet]*. 2018; 9(49). Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322018000500087&lang=es
 28. Tapia Coral S. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais implantados em áreas de pastagens abandonadas na Amazônia central. [Dissertação de Mestrado]. [Brasil]: IMPA/FUA.; 1998.
 29. Veblen T, Kitzberger T, Villalba R. Nuevos paradigmas en ecología y su influencia sobre el conocimiento de la dinámica de los bosques del sur de Argentina Chile. En 2004. p. 1-48.
 30. Luizão FJ, Schubart HOR. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. *Experientia*. 1 de marzo de 1987;43(3):259-65.
 31. Teixeira LB, Bastos JB. Nutrientes nos solos de floresta primária e pastagem de *Brachiaria humidicola* na Amazônia Central. [Internet]. Belém; 1989. 31 p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa.). Disponible en: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31994/1/CPATU-BP98.pdf>
 32. Castellanos Barliza J, León Peláez JD. Caída de Hojarasca y Dinámica de Nutrientes en Plantaciones de *Acacia mangium* (Mimosaceae) de Antioquia, Colombia. *Acta Biológica Colomb*. 2010; 15(2):289-308.
 33. Sayer E. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biol Rev Camb Philos Soc*. 1 de marzo de 2006; 81:1-31.

34. Scott DA, Proctor J, Thompson J. Ecological Studies on a Lowland Evergreen Rain Forest on Maraca Island, Roraima, Brazil. II. Litter and Nutrient Cycling. *J Ecol.* 1992; 80(4):705-17. Villela DM, Proctor J. Litterfall Mass, Chemistry, and Nutrient Retranslocation in a Monodominant Forest on Maraca Island, Roraima, Brazil. *Biotropica.* 1999; 31(2):198-211.
35. Moran JA, Barker MG, Moran AJ, Becker P, Ross SM. A Comparison of the Soil Water, Nutrient Status, and Litterfall Characteristics of Tropical Heath and Mixed-Dipterocarp Forest Sites in Brunei. *Biotropica.* 2006; 32(1):2-13.
36. Anderson JM, Ingram JS. *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods.* [Internet]. Segunda edición. CAB International; 1993. 237 p. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/John_Ingram5/publication/232141777_Tropical_Soil_Biology_and_Fertility_A_Handbook_of_Methods/links/589b556592851c942ddad326/Tropical-Soil-Biology-and-Fertility-A-Handbook-of-Methods.pdf
37. Macdicken K. *A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects* [Internet]. Forest Carbon Monitoring Program. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program; 1997. 87 p. Disponible en: [A_Guide_to_Monitoring_Carbon_Storage_in_Forestry_a.pdf](#)
38. Woomer PL, Palm CA. An approach to estimating system carbon stocks in tropical forests and associated land uses. *Commonw For Rev.* 1998;77(3):181-90.
39. Márquez L, Roy A, Castellano E. Elementos técnicos para inventarios decarbono en uso del suelo. [Internet]. Guatemala: Fundación Solar; 2000. 36p. Disponible en: https://www.academia.edu/608349/Elementos_t%C3%A9cnicos_para_inventarios_de_carbono_en_uso_de_suelo
40. Herrera Arango MA, Del Valle JI, Orrego SA. Biomasa de la Vegetación Herbácea y Leñosa Pequeña y Necromasa en Bosques Tropicales Primarios y Secundarios de Colombia. [Investigación]. [Medellín, Colombia]: Universidad Nacional de Colombia.; 2001.
41. Luizão FJ. Litter Production and Mineral Element Input to the Forest Floor in a Central Amazonian Forest. *GeoJournal.* 1989;19(4):407-17.
42. Luizão FJ, Proctor J, Thompson J, Luizão RCC, Marrs RH, Scott DA, et al. Rain Forest on Maracá island, Roraima, Brazil: soil and litter process response to artificial gaps. *For Ecol Manag.* 1998;102(2-3):291-303.
43. Da Silva Barreto W, Périco E, Schmidt Dalzochio M, Santos M, Cajaiba RL. Are litterfall and litter decomposition processes indicators of forest regeneration in the neotropics? Insights from a case study in the

- BrazilianAmazon. For Ecol Manag. 1 de diciembre de 2018; 429:189-97.
44. Sánchez S, Crespo G, Hernández M. Descomposición de la hojarasca en un sistema silvopastoril de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit cv. Cunningham: I. Influencia de su composición química. Pastos Forrajes. 1 de septiembre de 2009; 32(3):1-11.
 45. Dias Rodrigues B, Venâncio Martins S, Garcia Leite H. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. Rev Árvore. 2010;34(1):5-73.
 46. Hoorens B, Aerts R, Stroetenga M. Does Initial Litter Chemistry Explain Litter Mixture Effects on Decomposition? Oecologia. 2003;137:578-86.
 47. Zhang D, Hui D, Luo Y, Zhou G. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factor. J Plant Ecol. 13 de marzo de 2008;1(2):85-93.
 48. Hättenschwiler S, Tiunov A, Scheu S. Biodiversity and Litter Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Annu Rev Ecol Evol Syst. 1 de diciembre de 2005; 36:191-218.
 49. Vasconcelos H, Laurance W. Influence of habitat, litter type, and soil invertebrates on leaf-litter decomposition in a fragmented Amazonian landscape. Oecologia. 1 de agosto de 2005; 144:456-62.
 50. Bosco Imbert J, Blanco JA, Castillo F. Gestión forestal y ciclos de nutrientes en el marco del cambio global. En: Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante [Internet]. 1.ª ed. Madrid; 2004. p.479-506. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/253650036_Gestion_forestal_y_ciclos_de_nutrientes_en_el_marco_del_cambio_global
 51. Lal R. Forest Soils and Carbon Sequestration. For Ecol Manag. 1 de diciembre de 2005;220(1 al 3):242-58.
 52. Van Meeteren MJM, Tietema A, Westerveld JW. Regulation of microbial carbon, nitrogen, and phosphorus transformations by temperature and moisture during decomposition of *Calluna vulgaris* litter. Biol Fert Soil. 18 de septiembre de 2007;44(1):103-12.
 53. Beck L, Gasparotto L. Soil fauna and litter decomposition in primary and secondary forest and a mixed culture system in Amazonia. Shift Project ENV 052. Soil Fauna and Decomposition; 1999.
 54. Brown GG, Frogoso C, Oliveira LJ. El uso de la macrofauna edáfica en la agricultura del siglo XXI: problemas y perspectivas. Anais. 2003; 239.

55. Lavelle P, Dangerfield J, Fragoso C, Eschenbrenner V, López-Hernández D, Pashanasi B, et al. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. En: *The Management of Tropical Soil Biology and Fertility*. 1994. p. 137-69. (6).
56. Jiménez Jaén JJ, Decaëns T, Thomas RJ, Lavelle P. La macrofauna del Suelo: Un recurso Natural Aprovechable pero poco conocido. En: *El arado natural: Las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las sabanas neotropicales de Colombia* [Internet]. Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO; 2003. p. 1-17. (1). Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/tsbf/pdf/arado_natural_cap1.pdf
57. Lavelle P. Assessing the abundance and role of invertebrate communities in tropical soils: aims and methods. *Rev Zool Afr Afr Zool*. 1 de enero de 1988;102:275-83.
58. Bottinelli N, Jouquet P, Capowiez Y, Podwojewski P, Grimaldi M, Peng X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? *Soil and Tillage Research*. 2015;146:118-24.
59. Basado en Términos y definiciones. [Internet]. GreenFacts. 2001. Disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/bosque-recursos-forestales.htm>
60. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2000 - Informe Principal. [Internet]. Estudio FAO Montes. Vol. 140. Roma: FAO;2000. Disponible en: <http://www.fao.org/3/y1997s/y1997s00.htm#Contents>
61. Alvitres Castillo V. Método Científico, Planificación de la Investigación. 2.ª ed. Chiclayo-Perú: Chiclayo Ciencia; 2000. 205 p.
62. Tosi JA. Zonas de Vida Natural en el Perú [Internet]. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Zona Andina; 1960. (Boletín técnico). Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=PJYgAQAIAAJ>
63. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). Mapa Ecológico del Perú: Guía explicativa. [Internet]. Lima-Perú; 1976. 274 p. (Guía Explicativa). Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/58443259/Mapa-Ecologico-Del-Peru-1976-ONERN#>
64. Sánchez Vela CM. Macroinvertebrados del suelo colonizadores de la necromasa en plantaciones de Especies Maderables y Bosque Secundario de Tierra Firme, Iquitos-Perú. [Tesis de Doctorado]. [Iquitos-Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.; 2019.
65. Riaño D, Vaughan P, Chuvieco E. Estimación del contenido de

humedades en la jara (*Cistus ladanifer*) a partir de radiometría de laboratorio [Internet]. España: Teledetección. Avances y Aplicaciones.; 1999. 92-95 p. Disponible en: <http://www.aet.org.es/congresos/viii/alb23.pdf>

66. Coineau Y. Introduction à l'étude des microarthropodes du sol et de ses annexes. [Internet]. Paris; 1974. 117 p. (Documents pour l'enseignement pratique de l'écologie.). Disponible en: <https://www.worldcat.org/title/introduction-a-letude-des-microarthropodes-du-sol-et-de-ses-annexes/oclc/802514361>
67. Borror DJ, Triplehorn CA, Johnson NF. An introduction to the study of insects. 6.^a ed. Philadelphia : Saunders College Pub; 1989. 875 p.
68. Zar JH. Biostatistical Analysis. 2.^a ed. 1984: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs; 718 p.
69. Prause J, Lifschitz AP, Toledo DM. Dinámica de la mineralización de N, P, y K en hojas de *Schinopsis balansae* Engl., sobre un suelo forestal del Parque Chaqueño Húmedo. Quebracho - Rev Cienc For. 2003;(10):46- 52.
70. Thaiutsa B, Orman G. El clima y la descomposición de la hojarasca en el Bosque Tropical. Unasyva. 1979; 31(126):121-9.

ANEXOS

Anexo N° 1

Estadística Complementaria

Variación del peso residual de la hojarasca fina en: 1: Bosque secundario, Plantación de 2: *Ormosia coccinea* y 3. *Cedrelinga catenaeformis*,

Peso residual	Resultados			
H =	20.3059			
Grados de libertad =	2			
(p) Kruskal-Wallis =	0.0000			
R 1 =	9957.0000			
R 2 =	14715.5000			
R 3 =	11373.5000			
R 1 (Rango medio) =	113.1477			
R 2 (Rango medio) =	163.5056			
R 3 (Rango medio) =	126.3722			
Comparaciones (método de Dunn)	Dif. Rangos	z calculado	z crítico	p
Rangos medios 1 y 2	50.3578	4.3338	2.394	< 0.05
Rangos medios 1 y 3	13.2245	1.1381	2.394	ns
Rangos medios 2 y 3	37.1333	3.2138	2.394	< 0.05

Leyenda : ns: no significativo

Variación de la tasa de descomposición de la hojarasca fina en: 1: Bosque secundario, Plantación de 2: *Ormosia coccinea* y 3. *Cedrelinga catenaeformis*,

Tasa de descomposición de hojarasca fina	Resultados			
H =	151.3362			
Grados de libertad =	2			
(p) Kruskal-Wallis =	0.0000			
R 1 =	17098.0000			
R 2 =	5045.5000			
R 3 =	13902.5000			
R 1 (Rango medio) =	194.2955			
R 2 (Rango medio) =	56.0611			
R 3 (Rango medio) =	154.4722			
Comparaciones (método de Dunn)	Dif. Rangos	z calculado	z crítico	p
Rangos medios 1 y 2	138.2343	11.8964	2.394	< 0.05
Rangos medios 1 y 3	39.8232	3.4272	2.394	< 0.05
Rangos medios 2 y 3	98.4111	8.5172	2.394	< 0.05

Leyenda : ns: no significativo

Variación de la humedad de la hojarasca fina en: 1: Bosque secundario, Plantación de 2: *Ormosia coccinea* y 3. *Cedrelinga catenaeformis*,

Humedad	Resultados			
H = 45.6221 ---	---			
Grados de libertad =	2	---	---	
(p) Kruskal-Wallis =	0.0000	---	---	
R 1 = 15481.0000	---	---		
R 2 = 8450.0000	---	---		
R 3 = 12654.0000	---	---		
R 1 (Rango medio) =	172.0111	---	---	
R 2 (Rango medio) =	93.8889	---	---	
R 3 (Rango medio) =	140.6000	---	---	
---	---	---		
Comparaciones (método de Dunn)	Dif. Rangos	z calculado	z crítico	p
Rangos medios 1 y 2	78.1222	6.7113	2.394	< 0.05
Rangos medios 1 y 3	31.4	2.6984	2.394	< 0.05
Rangos medios 2 y 3	46.7	4.0128	2.394	< 0.05

Variación de hojas quebradizas de la hojarasca fina en: 1: Bosque secundario, Plantación de 2: *Ormosia coccinea* y 3. *Cedrelinga catenaeformis*,

Hojas quebradizas	resultados			
H =	21.5010			
Grados de libertad =	2			
(p) Kruskal-Wallis =	0.0000			
R 1 =	14009.0000			
R 2 =	9626.5000			
R 3 =	12410.5000			
R 1 (Rango medio) =	159.1932			
R 2 (Rango medio) =	106.9611			
R 3 (Rango medio) =	137.8944			
Comparaciones (método de Dunn)	Dif. Rangos	z calculado	z crítico	p
Rangos medios 1 y 2	52.2321	4.4951	2.394	< 0.05
Rangos medios 1 y 3	21.2987	1.8330	2.394	ns
Rangos medios 2 y 3	30.9333	2.6772	2.394	< 0.05

Leyenda : ns: no significativo

Variación de hojas esqueletizadas de la hojarasca fina en: 1: Bosque secundario, Plantación de 2: *Ormosia coccinea* y 3. *Cedrelinga catenaeformis*,

Hojas esqueletizadas	Resultados			
H =	25.9038			
Grados de libertad =	2			
(p) Kruskal-Wallis =	0.0000			
R 1 =	14040.5000			
R 2 =	9216.5000			
R 3 =	12789.0000			
R 1 (Rango medio) =	159.5511			
R 2 (Rango medio) =	102.4056			
R 3 (Rango medio) =	142.1000			
Comparaciones (método de Dunn)	Dif. Rangos	z calculado	z crítico	p
Rangos medios 1 y 2	57.1456	4.9179	2.394	< 0.05
Rangos medios 1 y 3	17.4511	1.5018	2.394	ns
Rangos medios 2 y 3	39.6944	3.4354	2.394	< 0.05

Leyenda : ns: no significativo

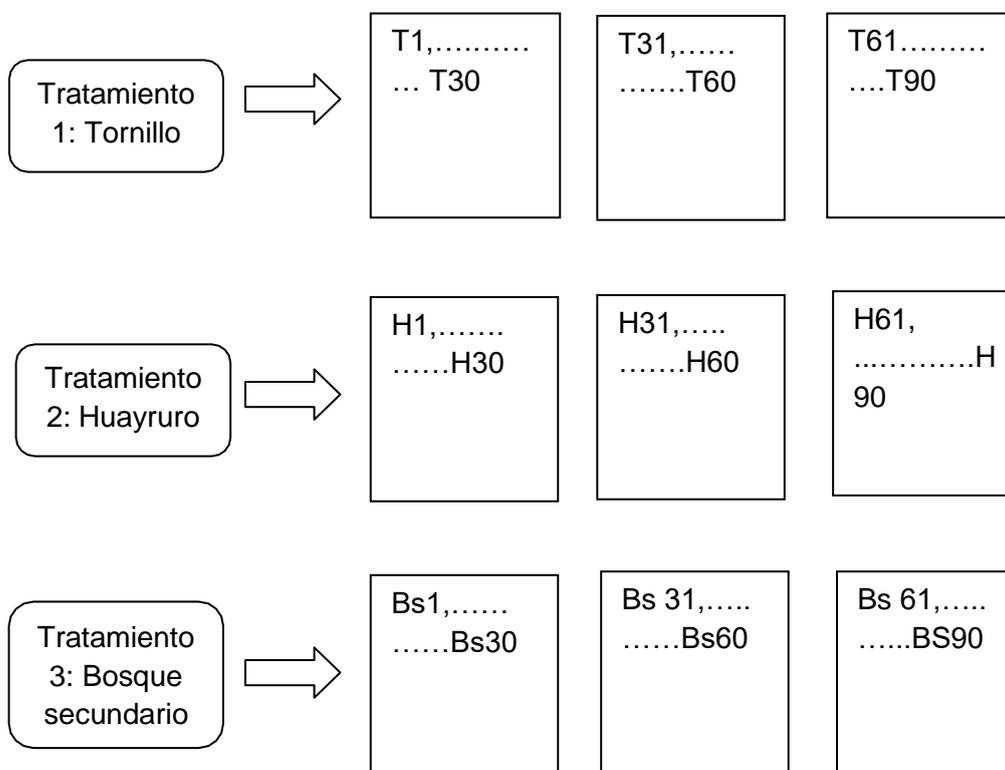
Variación de hojas colonizadas de la hojarasca fina en: 1: Bosque secundario, Plantación de 2: *Ormosia coccinea* y 3. *Cedrelinga catenaeformis*,

Hojas colonizadas	Resultados			
H =	.1978			
Grados de libertad =	2			
(p) Kruskal-Wallis =	0.0000			
R 1 =	16322.5000			
R 2 =	8200.0000			
R 3 =	11523.5000			
R 1 (Rango medio) =	185.4830			
R 2 (Rango medio) =	91.1111			
R 3 (Rango medio) =	128.0389			
Comparaciones (método de Dunn) Dif.	Rangos	z calculado	z crítico	p
Rangos medios 1 y 2	94.3718	8.1216	2.394	< 0.05
Rangos medios 1 y 3	57.4441	4.9436	2.394	< 0.05
Rangos medios 2 y 3	36.9278	3.1960	2.394	< 0.05

Leyenda : ns: no significativo

Anexo N° 4

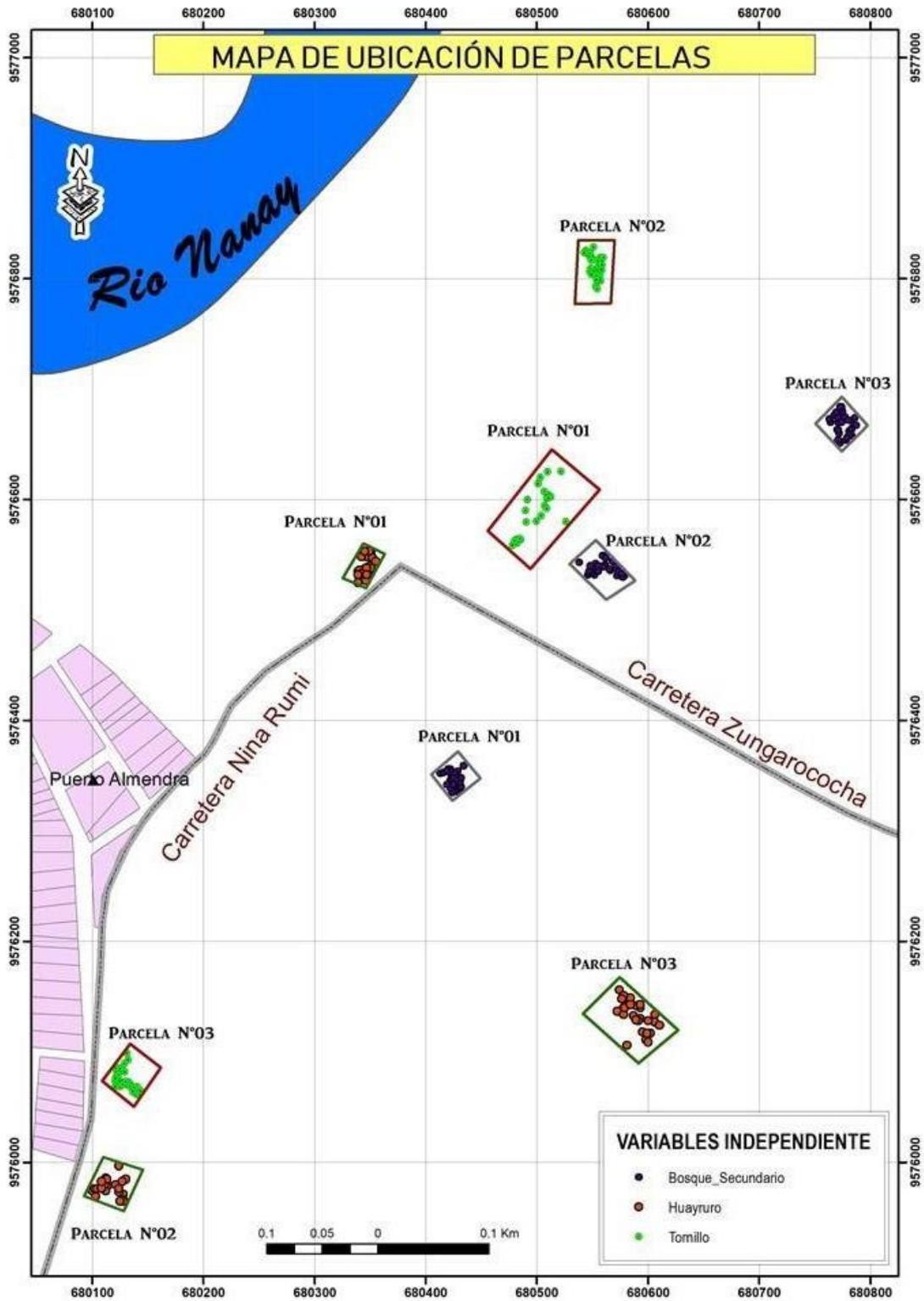
Diseño de la Investigación.



TRATAMIENTO	5(120 días)	6(180 días)	7(270 días)	8(365 días)
TORNILLO	T11-T15	T16-T20	T21-T25	T26-T30
	T41-T45	T46-T50	T51-T55	T56-T60
	T71-T75	T76-T80	T81-T85	T86-T90
HUAYRURO	H11-H15	H16-H20	H21-H25	H26-H30
	H41-H45	H46-H50	H51-H55	H56-H60
	H71-H75	H76-H80	H81-H85	H86-H90
BOSQUE SECUNDARIO	Bs11-Bs15	Bs16-Bs20	Bs21-Bs25	Bs26-Bs30
	Bs41-Bs45	Bs46-Bs50	Bs51-Bs55	Bs56-Bs60
	Bs71-Bs75	Bs76-Bs80	Bs81-Bs85	Bs86-Bs90

Anexo N° 5

Mapa del área de estudio y Zonas de muestreo.



Propuesta del tríptico sobre la descomposición de la hojarasca fina y las buenas prácticas forestales.

Proceso de descomposición de la hojarasca fina en dos plantaciones y bosque secundario

Este proceso de descomposición se desarrolla obteniéndose en los primeros días lo que es las hojas quebradizas y/o descoloridas, hojas esqueléticas para luego aparecer hojas colonizadas por raíces y por último la degradación total de la hojarasca fina.

Bosque secundario



Ormosia coccinea (Huayuro)



Cedrelinga catenaeformis (Tomillo)



A través de la interacción de varios factores, entre los que se destacan:

- Los tratamientos silviculturales aplicados a los bosques.
- Las condiciones climáticas y microclimáticas.
- La cantidad, propiedades físicas y químicas de la hojarasca.
- La abundancia y diversidad de los organismos del suelo



Bosque secundario
(19,04 k año⁻¹/ha)



Huayuro
(18,13 k año⁻¹/ha)



Tomillo (18,83 k año⁻¹/ha)

¿Cómo se obtiene la tasa de descomposición de la hojarasca fina?

Anexo N° 7

Fotos metodológicas de la delimitación de las zonas de Estudio, colecta de hojas y embolsado de hojas secas en las mallas.



a. Delimitación de las parcelas Bosque secundario 25x50m.



b. Delimitación de la parcela de *C. catenaeformis* 25x50m.



c. Delimitación de la parcela de *O. coccinea* 25x50m.



d. Bolsas de mallas de plástico de 15 x 15cm.



e. Perforaciones espaciadas 5mm.



f. Colecta de hojas caídas.



g. Hojas secadas a temperatura ambiente.



h. Pesando las hojas.



j. Hojas secas colocadas dentro de las mallas.

Anexo N° 8

Fotos metodológicas de colocación de muestras en zonas de estudio, transporte y evaluación de las muestras en el laboratorio de fauna de la FCB-UNAP.



a. Retiro y limpieza de plantas.



b. Mallas sobre la superficie del suelo.



c. Estacas rotuladas con plástico.



d. Colecta de muestras.



e. Rotulo para transporte de las muestras.



f. Peso de las muestras.



g. Limpieza de muestras.



h. Evaluación de los cambios estructurales de la hojarasca fina.



i. Identificación y evaluación de los macroinvertebrados de suelo.



j. Conservado en frascos de vidrio debidamente rotulado por cada período de estudio.

Anexo N° 9

Galería de fotos



Anexo N° 10

Galería de fotos para Material didáctico



Universidad Nacional de la Amazonía Peruana
Centro de Investigación y Experimentación Forestal "Puerto Almendra".



Grupos principales de Macroinvertebrados colonizadores de la descomposición de la hojarasca fina en plantaciones de *Cedrelinga catenaeformis*, *Ormosia coccinea* y Bosque Secundario de tierra firme.



Anélidos:



Moluscos:



Moluscos:



Crustáceos:



Crustáceos:



Arácnidos: Ácaros



Arácnidos: Ácaros



Arácnidos: Ácaros



Diplopodos



Arácnidos: Ácaros



Sínfilos



Quilópodos



Grupos principales de Macroinvertebrados colonizadores de la descomposición de la hojarasca fina en plantaciones de *Cedrelinga catenaeformis*, *Ormosia coccinea* y Bosque Secundario de tierra firme.



Colémbolos:



Colémbolos:



Formícidos



Thysanopteros:



Insectos: Dipluros



Coleópteros:



Coleópteros:



Coleópteros



Larva de Insectos



Larva de Insectos



Larva de Insectos