



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

**“INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN LA PRODUCCIÓN DE
HOJARASCA EN LA TURBERA AMAZÓNICA DE QUISTOCOCHA, LORETO,
PERÚ - 2022”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL**

PRESENTADO POR:

FRANZ ANTHONY GONZALEZ VARGAS

ASESOR:

Ing. JORGE SOLIGNAC RUIZ, M. Sc.

IQUITOS, PERÚ

2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 061-CTG-FCF-UNAP-2023

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 11 días del mes de octubre del 2023, a horas 10:00 am., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis titulada: "INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN LA PRODUCCIÓN DE HOJARASCA EN LA TURBERA AMAZÓNICA DE QUISTOCOCHA, LORETO, PERÚ - 2022", aprobada con RD. N° 0484-2022-FCF-UNAP, presentado por el bachiller Franz Anthony Gonzalez Vargas, para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal, que otorga la universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. N° 0254-2023-FCF-UNAP, está integrado por:

- Ing. Jorge Miguel Espiritu Pezantes, Dr. : Presidente
- Ing. Abraham Cabudivo Moena, Dr. : Miembro
- Ing. Lizardo Manuel Fachin Malaverri, M.Sc. : Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: SATISFACTORIAMENTE

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis han sido: APROBADAS con la calificación BUENO

Estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Siendo las 11:57 am se dio por terminado el acto ACADEMICO


Ing. JORGE MIGUEL ESPIRITU PEZANTES, Dr.
Presidente


Ing. ABRAHAM CABUDIVO MOENA, Dr.
Miembro


Ing. LIZARDO MANUEL FACHIN MALAVERRI, M.Sc.
Miembro


Ing. JORGE SOLIGNAC RUIZ, M.Sc.
Asesor

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

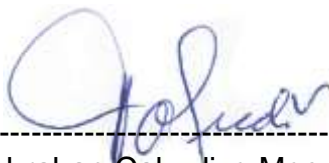
**“INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN LA PRODUCCIÓN DE HOJARASCA EN
LA TURBERA AMAZÓNICA DE QUISTOCOCHA, LORETO, PERÚ – 2022”**

Aprobada el día 11-10-2023, según Acta de Sustentación N° 061-CGT-FCF-UNAP-2023

MIEMBROS DEL JURADO



Ing. Jorge Miguel Espiritu Pezantes, Dr.
Presidente
REGISTRO CIP N° 34967



Ing. Abraham Cabudivo Moena, Dr.
Miembro
REGISTRO CIP N° 40295



Ing. Lizardo Manuel Fachin Malaverri, M. Sc.
Miembro
REGISTRO CIP N° 66065



Ing. Jorge Solignac Ruiz, M. Sc.
Asesor
REGISTRO CIP N° 113740

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

DEDICATORIA

A mi familia por demostrarme que las metas se pueden cumplir con mucha perseverancia, disciplina y humildad; a Elisa Vargas Tamani (mi viejita) por ser el pilar, a mis hermanos Mackinder Gonzalez Vargas y Silvia Lucila Gonzalez Vargas, a mis tías Lucila Vargas Tamani y María Vargas Tamani, a mis primas Sandra Auristela Acosta Vargas, Nelly Flores Vargas y Betsy Flores Vargas, a Lucila Monzón y Jhony Glenn Zamora Monzón.

Una mención especial (†) a Juan Manuel Gonzalez Eneque (mi padre), persona que nunca llegue a conocer, pero es mi modelo a seguir y a Margarita Vargas Tamani (mi tía) que siempre me guio y aconsejo.

AGRADECIMIENTO

A los profesores: Hinsby Cadillo Quiroz y José David Urquiza Muñoz por su constante apoyo, asesoramiento y los consejos brindados durante toda mi formación y desarrollo de la tesis.

A mis amigos del CIRNA: Hicler Napoleón Mashacuri, Paul Marcial Vizcarra Rodríguez, Franco Macedo, por el apoyo brindado en la fase experimental y las aventuras vividas en el laboratorio.

A mis compañeros de la UNAP: Merlín Gustavo García Guerrero (f), Queyzner Tetry Vela Ocampo, Frank Quinto Guillen, Melissa García Huaymana y Karla Pinedo Diaz que me ayudaron en el proceso de colecta de datos de campo y en el procesamiento en el laboratorio.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	6
1.3. Definición de términos básicos	9
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	11
2.1. Formulación de la hipótesis	11
2.2. Variables y su operacionalización	11
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	12

3.1. Tipo y diseño	12
3.2. Diseño muestral	12
3.3. Procedimientos de recolección de datos	12
3.4. Procesamiento y análisis de datos	16
3.4.1. Procesamiento de las muestras en el laboratorio	16
3.4.2. Cálculo de la producción de hojarasca	17
3.4.3. Determinación de la precipitación pluvial	17
3.4.4. Análisis estadísticos	17
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	19
4.1. Producción de hojarasca	19
4.2. Precipitación pluvial para QUI_2	22
4.3. Precipitación pluvial y su relación con la producción de hojarasca	23
4.4. Análisis estadísticos	25
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	27
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	33
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	34
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	35
ANEXOS	45
Anexo 1. Mapa de Ubicación de la parcela QUI_2	46
Anexo 2. Formato para el pesado de hojarasca seca	47
Anexo 3. Suelo de turbera de la parcela de QUI_2	48

Anexo 4. Colecta de hojarasca en la parcela QUI_2	48
Anexo 5. Abundancia de palmeras en la parcela QUI_2	49
Anexo 6. Lago del Complejo Turístico de Quistococha	49

ÍNDICE DE TABLAS

No.	Descripción	Pág.
1	Operacionalización con las variables de investigación	10
2	Prueba de Hipótesis para determinar la relación entre la precipitación pluvial con la producción de hojarasca	18
3	Correlación Lineal Simple	18
4	Producción de hojarasca de la parcela QUI_2	19
5	Precipitación pluvial del periodo agosto 2020 – mayo 2021	22
6	Relación de la precipitación pluvial con la producción de hojarasca	24
7	Modelos matemáticos aplicados para hallar la correlación de la precipitación pluvial con la producción de hojarasca	25

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Descripción	Pág.
1	Distribución de las subparcelas y colectores en la parcela QUI_2	13
2	Colector N° 18 de la parcela QUI_2	14
3	Rotulado del sobre de periódico en la parcela QUI_2	15
4	Segregado de la hojarasca y sus fracciones	16
5	Producción mensual de hojarasca y la contribución por fracción	20
6	Producción mensual de hojarasca total y sus fracciones	21
7	Relación de la precipitación pluvial y la producción de hojarasca	24
8	Correlación de la producción de hojarasca con la precipitación pluvial	26

RESUMEN

La investigación determinó la influencia de la precipitación pluvial en la producción de hojarasca del bosque de turbera amazónica del Complejo turístico de Quistococha. Se instalaron 25 colectores en una parcela permanente de 0,5 hectáreas; la colecta se realizó mensualmente por 10 meses (setiembre 2020 a junio 2021). La producción de hojarasca brindó límites entre 9,48 Mgha⁻¹año⁻¹ y 2,48 Mgha⁻¹año⁻¹, con un promedio de producción 5,55 Mgha⁻¹año⁻¹. Las hojas aportaron un 44,42%, las flores de palmera 24,79%, las ramas <2cm 10,14%, otros 8,07%, hojas de palmera 6,57%, flores 4,13%, frutos 1,18% y semillas 0,69%. La precipitación pluvial en la zona de estudio no dejó evidencia de las estaciones (vacante y creciente) para el periodo de 10 meses, sin embargo, el consolidado de 20 años demuestra cambios acelerados y meses con mayor precipitación en los 10 últimos años. La correlación entre la precipitación pluvial y la producción de hojarasca evidenció un R de 0,625 que indica que la precipitación pluvial influye de manera moderada en la producción de hojarasca; un R² de 0,39 indica que el 39% de la producción de hojarasca se debe a la precipitación pluvial y a través del gráfico de correlación se observó que en rangos de 250 mm a 350 mm de precipitación pluvial se genera una buena producción de hojarasca en el bosque de turbera de Quistococha.

Palabra clave: Turbera, producción de hojarasca, precipitación, Quistococha.

ABSTRACT

The research determined the influence of rainfall on litterfall production in the Amazonian peatland forest of the Quistococha tourist complex. Twenty-five collectors were installed in a permanent plot of 0,5 hectares; collection was carried out monthly for 10 months (September 2020 to June 2021). Litterfall production provided limits between 9,48 $\text{Mgha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ and 2,48 $\text{Mgha}^{-1}\text{yr}^{-1}$, with an average production of 5,55 $\text{Mgha}^{-1}\text{yr}^{-1}$. Leaves contributed 44,42%, palm flowers 24,79%, branches<2cm 10,14%, others 8,07%, palm leaves 6,57%, flowers 4,13%, fruits 1,18% and seeds 0,69%. The rainfall in the study area did not leave evidence of the seasons (drought and flood) for the 10-month period, however, the consolidated 20-year period shows accelerated changes and months with higher rainfall in the last 10 years. The correlation between rainfall and litterfall production showed an R of 0,625, which indicates that rainfall moderately influence on litterfall production; an R^2 of 0,39 indicates that 39% of litterfall production is due to rainfall, and the correlation graph showed that good litterfall production is generated in the Quistococha peatland forest in ranges from 250 mm to 350 mm of rainfall.

Keyword: Peatlands, litterfall, rainfall, Quistococha.

INTRODUCCIÓN

Entre los ecosistemas más notables, las turberas, y en particular las turberas amazónicas, ejercen un rol importante en la regulación del clima y el mantenimiento de la biodiversidad (Teh *et al.*, 2017).

Las turberas son ecosistemas húmedos caracterizados por la acumulación constante de material orgánico conocido como turba, resultado de la descomposición parcial de la vegetación en condiciones anaeróbicas (Joosten & Clarke, 2002). Ofrecen una variedad de servicios y beneficios ecológicos. Estos ecosistemas pueden retener grandes cantidades de agua y mantenerla en el suelo, lo que contribuye a la estabilidad de los patrones de precipitación y a la conservación de los recursos hídricos (Corrales, 2018).

Además, los bosques de turbera son importantes para la economía y la sociedad, son fuente de materias primas, incluyendo madera, fibra, frutos y productos de la pesca (Corrales, 2018); las comunidades locales dependen de estos ecosistemas para sus necesidades básicas y para preservar sus tradiciones culturales y espirituales. También ofrecen oportunidades para el turismo y la investigación científica.

Sin embargo, también hay limitaciones y desafíos que enfrentan las turberas en la Amazonia Peruana. Uno de los mayores desafíos es la degradación y pérdida de hábitats debido a la expansión agrícola, la ganadería, expansión de centros poblados y la tala de árboles. Además, la contaminación y la sobreexplotación de los recursos naturales también representan amenazas considerables (Roucoux *et al.*, 2017). Estos sumideros de carbono son esenciales para mitigar los efectos del

cambio climático, ayudan a regular las concentraciones de CO₂ en el ambiente y, por lo tanto, contribuyen a mantener un clima estable (Lähteenoja, 2011).

La producción de hojarasca en las turberas puede ser un indicador clave del estado de salud del ecosistema y de su capacidad para almacenar carbono (Joosten & Clarke, 2002). La hojarasca se refiere a la capa de material vegetal muerto que se acumula en el suelo de un bosque.

En las turberas, diversos factores intervienen en la producción de hojarasca, tales como: el clima (precipitación, temperatura, entre otros), la calidad del suelo y otros factores ambientales. Debido a que las turberas son ecosistemas húmedos y pobres en nutrientes, la producción de hojarasca es generalmente baja en comparación con otros tipos de bosques (Huber y Oyarzún, 1983).

La precipitación pluvial es un factor determinante en la formación y mantenimiento de las turberas amazónicas (Lähteenoja, 2011). La cantidad y la frecuencia de la precipitación tienen un impacto directo en la tasa de crecimiento y la productividad de las plantas, que a su vez son los principales productores de hojarasca.

La evidencia científica ha demostrado que los patrones de precipitación están siendo afectados por los cambios en el clima global, y que estos cambios tienen implicaciones graves para los ecosistemas naturales y la sociedad (IPCC, 2022).

Además, las evidencias científicas también demuestran que los cambios en los patrones de precipitación representan una amenaza importante para los bosques de turbera en la Amazonia Peruana.

En tal sentido, la presente investigación tiene el fin de determinar la influencia que tiene la precipitación pluvial en la producción de hojarasca en la turbera amazónica de Quistococha.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En 2020, en el bosque de manglar de Louisiana, Estados Unidos, se realizó el un estudio utilizando la metodología “litter baskets” (cestos de residuos) para recolectar y clasificar hojarasca. El estudio estimó la variación interanual y estacional de la hojarasca entre 2016 y 2019 y determinó las cantidades de Carbono Orgánico (OC), Nitrógeno (N) y Fósforo (P). Los resultados mostraron que la mayor variación interanual de hojarasca ocurrió en 2016 y la mayor variación estacional en otoño. En cuanto a los elementos, se concluyó que el OC estaba presente en mayor proporción que el N y el P estaba en menor concentración en la hojarasca (Chevez, 2020).

En 2019, se realizó un estudio donde se buscaba analizar a la hojarasca fina, llevándose a cabo en un bosque alto andino relacionándolo con las variables meteorológicas. El estudio se llevó a cabo en diferentes etapas de regeneración natural del bosque y encontró una tendencia no lineal en la caída de hojarasca fina. Los factores meteorológicos como el viento, la evaporación, la temperatura mínima del aire, el brillo solar y la humedad relativa explicaron gran parte de la variabilidad en la CHF en las diferentes etapas de regeneración del bosque (Murcia, 2020).

En 2016 y 2017, Zamora (2018) midió la producción de hojarasca del dosel en 4,27 $\text{Mgha}^{-1}\text{año}^{-1}$ y 3,90 $\text{Mgha}^{-1}\text{año}^{-1}$. Los valores reportados no son muy diferentes del primer y segundo año de evaluación. Además, la productividad es mayor que la reportada por Vargas-Parra y Varela (2007), que fueron de 3,16 $\text{Mgha}^{-1}\text{año}^{-1}$.

En 2009 y 2010, se realizó un estudio donde mediante ecuaciones alométricas, se calculó la biomasa y la productividad de biomasa aérea (PBA), comparando años

húmedos (2009) y secos (2010) y analizando su relación con los factores climáticos (precipitación y temperatura). La productividad de biomasa área interanual fue mayor en los años húmedos que en los años secos. La productividad de biomasa área interestacional fue mayor en la temporada húmeda y menor en la temporada seca, en ambos tipos de bosque. La precipitación mostró una fuerte relación con la PBA estacional, demostrando que mientras más prolongadas sean las sequías, estas pueden afectar de manera significativa a la PBA, destacando que el clima cumple un rol fundamental en la dinámica de estos bosques (Pardo-Toledo *et al.*, 2014).

En 2010, se realizó un estudio en un bosque de terraza en Jenaro Herrera. El objetivo era determinar cómo la temperatura y la precipitación mensual afectaban a la producción de necromasa foliar (PNF). Se colocaron 25 colectores en el campo y se evaluó quincenalmente durante un año. Se obtuvo valores de $3,42 \text{ Mgha}^{-1}\text{año}^{-1} \pm 1,54 \text{ Mgha}^{-1}\text{año}^{-1}$ de PNF. La mayor PNF se dio en los meses donde se presentó mayor precipitación (febrero, marzo, abril y mayo), con valores de $5,17 \text{ Mgha}^{-1}$, $5,66 \text{ Mgha}^{-1}$, $4,31 \text{ Mgha}^{-1}$ y $4,72 \text{ Mgha}^{-1}$, respectivamente. La producción más baja de necromasa foliar, entre $1,01$ y $2,33 \text{ Mgha}^{-1}$, se observó que en los meses más secos (octubre a enero). Se estableció una relación significativa entre la PNF y la precipitación, con un modelo de 56,1% que explicaba la variabilidad entre las variables (Mathews, 2012).

En 2007, se evaluó la producción de hojarasca en el Refugio de Vida Silvestre ubicado en la Isla de Cañas, en el Pacífico panameño. El estudio se realizó en tres parcelas con un área de 10 m x 100 m cada una, tanto en temporada seca (enero-abril) como en temporada lluviosa (julio-octubre). Para ello se colocaron 14 colectores por parcela. La fracción con mayor aporte a la hojarasca fue "hojas",

representando el 63,62% del peso seco total en la estación seca y el 72,16% en la lluviosa. Para el estudio no se encontraron diferencias significativas en la producción de hojarasca con las temporadas seca y lluviosa (Rodríguez *et al.*, 2012).

En el 2007 se midió la producción de hojarasca en Salero - Colombia. Se utilizaron 30 colectores, donde se realizaba el muestreo cada de la hojarasca cada 15 días, además, el estudio relaciono la productividad de hojarasca con la precipitación pluvial mensual y la vegetación. La productividad de hojarasca fue de 7,20 Mgha⁻¹año⁻¹, desglosada en: hojas 60,7%, tallos 29,8%, frutos 3,37%, flores 0,84%, semillas 0,56%, vegetación asociada 0,56% y otros 4,18%. Evidenciando una relación negativa entre el aumento de la precipitación pluvial con la producción de hojarasca. La relación entre las características de la vegetación fue de poca significancia (Quinto *et al.*, 2007). 958520701

En 2002, se evaluó la productividad de hojarasca en el bosque de niebla perteneciente a la Reserva Natural La Planada, donde se evaluaron cuatro áreas, cada una de 1 hectárea. La productividad de hojarasca se midió mensualmente de junio a noviembre utilizando colectores distribuidos de manera aleatoria. El segregado de la hojarasca se dividió en las fracciones: hojas, ramas, partes reproductivas, epífitas y fragmentos no identificados. Las hojas representaron la fracción con mayor aporte brindando un 74,4%, las ramas fueron la segunda fracción con mayor aporte brindando un 10,8%, partes reproductivas brindaron un aporte del 10,6%, las epífitas brindaron un aporte del 3,6% y los fragmentos no identificados fue la fracción con menor aporte a la productividad de hojarasca con un 0,6%. También se identificó que a mayores niveles de humedad relativa y temperatura se presenta una menor producción de hojarasca. Además, con una

mayor precipitación pluvial se obtiene una mayor producción de hojarasca y de sus fracciones (Vargas-Parra y Varela, 2007).

En el período comprendido entre 1981 y 1983, se llevó a cabo una investigación que analizó las variaciones de manera semanal, mensual y anual sobre la producción de hojarasca producida en una plantación de *Pinus radiata* con una edad de 26 años. Se examinaron las relaciones entre estas fluctuaciones de hojarasca y factores ambientales como la precipitación, temperatura del aire y la velocidad del viento. Las flores masculinas contribuyeron con un 6,6% y 7,1% respectivamente, mientras que otras partes vegetales como ramitas y cortezas representaron el 6,4% y 13,0%. En contraste, la proporción de semillas en la hojarasca fue mínima, constituyendo solo el 0,3% y 0,4% de la producción anual en esos años. Encontrando así una correlación significativa entre esta producción y los factores ambientales (Huber y Oyarzún, 1983).

1.2. Bases teóricas

El último informe del IPCC de 2021 identifica que las emisiones de GEI producidas por las diferentes actividades humanas han ocasionado el aumento de 1,1°C aproximadamente de calentamiento global desde 1850-1990 y se estima que la temperatura global llegue a alcanzar o superar los 1,5°C en los próximos 20 años (Becerra, 2022). El aumento rápido de la temperatura se debe a las emisiones de GEI atmosféricos como el CO₂ y el CH₄, lo que ha centrado la atención en las reservas y flujos de carbono en la Tierra (Scharlemann *et al.*, 2014).

Ante el panorama de múltiples y acelerados cambios, han surgido mecanismos para conservar las reservas de carbono que capturan los bosques y estabilizan los flujos netos de carbono. REDD+, una iniciativa internacional que busca reducir la

mayor cantidad de emisiones de CO₂ que son producidas por la deforestación y degradación de bosques. Aunque esta iniciativa está dirigida para ecosistemas forestales, es fundamental priorizar ecosistemas que son clave en términos de sumideros de carbono, como lo son las turberas tropicales (Becerra, 2022; Murdiyarso *et al.*, 2010).

Las turberas, que constituyen solo el 3% de la superficie terrestre y abarcan más de 4 millones de kilómetros cuadrados a nivel global, son prominentes en entornos boreales y templados, aunque su presencia en regiones tropicales es menos significativa (Welch *et al.*, 2019). A pesar de su extensión limitada, estas áreas desempeñan un papel crucial en la conservación de la biodiversidad, la regulación climática y el bienestar humano a nivel mundial (Kimmel & Mander, 2010). Su valor radica en diversos servicios ecosistémicos, destacándose su capacidad para absorber grandes cantidades de dióxido de carbono, convirtiéndolo en materia orgánica carbonizada, la cual se estabiliza y acumula gracias a condiciones anóxicas originadas por altos niveles freáticos (Lilleskov *et al.*, 2019).

La acumulación milenaria de carbono en las turberas enfrenta un riesgo considerable de desequilibrio debido a cambios en el uso del suelo, tales como la conversión a la agricultura de plantación, el drenaje y los incendios. Estas actividades transforman a las turberas de sumideros de carbono en emisores de gases de efecto invernadero como el CO₂ y el CH₄, lo que contribuye al aumento de la temperatura global (Page *et al.*, 2011). Se calcula que los humedales tropicales representan la fuente principal de la variabilidad interanual en las concentraciones de metano atmosférico, con mayores incertidumbres originadas en Sudamérica (Becerra, 2022).

La mayor parte de las investigaciones destacan la importancia de las turberas tropicales en el ciclo global del carbono y han dirigido su enfoque hacia las turberas de Indonesia. Estas solían actuar como sumideros de carbono, pero han experimentado una transformación hacia fuentes emisoras de carbono a la atmósfera debido a actividades humanas (Lähteenoja, 2011).

Una comprensión más profunda de las reservas y movimientos del carbono orgánico en los suelos es crucial para mejorar la gestión del carbono y proponer estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático, además de respaldar los modelos de circulación global utilizados para orientar las políticas climáticas (Becerra, 2022; Scharlemann et al., 2014).

La producción de hojarasca es la acumulación de materiales diversos en el suelo durante un período específico, medida en peso seco e incluyendo hojas, flores, frutos y ramas, expresada en Mgha-1 año-1 (Del Valle-Arango, 2003). En ambientes tropicales, aproximadamente el 80% de los bioelementos que llegan al mantillo provienen principalmente de la hojarasca, siendo este aporte nutricional crucial como principal fuente de recursos esenciales para los suelos forestales (Huechacona, 2016).

La cantidad de hojarasca incide en la formación, desarrollo y estabilidad del suelo, siendo fundamental para su fertilidad. Por consiguiente, cuantificar su producción y composición es esencial para comprender el ciclo de nutrientes en los bosques (Facelli & Pickett, 1991). Las tasas de caída y descomposición de la hojarasca regulan los flujos de energía y la productividad, por lo que se emplean como indicadores para calcular la productividad primaria neta de una comunidad forestal (Huechacona, 2016).

Las evaluaciones de la producción de hojarasca generalmente implican el uso de cestas o trampas ubicadas en el sotobosque con el propósito de recolectar hojas durante al menos un año para estimar la producción aérea, siendo las únicas estimaciones que prescinden de determinar la densidad de los individuos (Salas y Infante, 2006).

A nivel global, las variaciones en la producción de hojarasca están asociadas con factores climáticos, principalmente la temperatura y la precipitación (Meentemeyer et al., 1982). Sin embargo, debido a las diferencias entre especies, en ciertos tipos de bosques la producción puede estar más vinculada con la precipitación, mientras que en otros bosques con la temperatura (Liu et al., 2004).

1.3. Definición de términos básicos

Cambio climático: fenómeno global, se refiere al aumento de la temperatura promedio de la tierra en el largo plazo (IPCC, 2022).

Colector: canastas de tela o malla que permite juntar la hojarasca que cae de los árboles (Caldato *et al.*, 2010).

Gases de efecto invernadero (GEI): atrapan y retienen parte de la energía solar que llega a la Tierra, produciendo el fenómeno conocido como efecto invernadero (IPCC, 2022).

Hojarasca: capa de material orgánico, como hojas, ramas, flores y otros desechos vegetales, que se acumula en el suelo de los ecosistemas forestales y otros ambientes naturales (Huechacona, 2016).

Precipitación pluvial: cantidad de agua que cae en forma de lluvia desde la atmósfera y llega a la superficie terrestre (Mathews, 2012).

Producción de hojarasca: proceso mediante el cual las plantas arrojan sus partes vegetales muertas, como hojas, flores, frutos y ramas pequeñas, al suelo (León y Quiroga, 1982).

Turbera amazónica: ecosistema compuesto por suelo orgánico formado por la acumulación de materiales vegetales muertos en un ambiente húmedo y anegado (Lähteenoja, 2011).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

La precipitación pluvial influye en la producción de hojarasca de la turbera amazónica de Quistococha.

2.2. Variables y su operacionalización

Las variables del presente estudio fueron:

- ❖ Variable Independiente: precipitación pluvial
- ❖ Variable Dependiente: hojarasca

Tabla 1 Operacionalización con las variables de investigación

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Unidad de medida	Medios de verificación
Precipitación pluvial	Caída de agua al suelo	Cuantitativa / independiente	Registro de precipitación	Razón	Milímetro (mm)	Registro mensual del SENAHMI
Producción Hojarasca	Materia orgánica que se acumula en el suelo desde la vegetación circundante	Cuantitativa/ dependiente	Hojarasca caída en los colectores	Razón	Gramos (g) Mgha ⁻¹ año ⁻¹	Ficha de pesado de hojarasca

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

La investigación es de enfoque cuantitativo, de tipo observacional, descriptivo, correlacional de nivel básico, basado en los registros de información colectados en campo de la producción de hojarasca y los datos de precipitación pluvial mensual de la zona en estudio.

3.2. Diseño muestral

La población estaba conformada por la hojarasca caída dentro de la parcela permanente de 0,5 hectárea del bosque de turbera amazónica en el Complejo Turístico de Quistococha. La parcela evaluada pertenece a una red de parcelas permanentes de RainForest.

Las muestras se obtuvieron de la hojarasca obtenida en cada unidad de muestreo (colector), con una dimensión de 50 cm x 50 cm cada colector. Obteniendo 25 muestras de manera mensual y un total de 250 muestras en el periodo de setiembre de 2020 a junio del 2021.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

3.3.1. Fase de pre-campo

Durante la fase inicial, se llevó a cabo la instrucción teórica relacionada con las turberas amazónicas, la preparación de los materiales para la investigación de campo y la recolección y procesamiento de la hojarasca en el Laboratorio de Investigación de Suelos (LIS) del Centro de Investigaciones de Recursos Naturales de la Amazonia de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (CIRNA - UNAP). Este centro se encuentra en el pasaje los Paujiles S/N del AAHH. Nuevo San Lorenzo, en el Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, en la Región de Loreto.

La parcela tiene una superficie de 0,5 ha (100 m x 50 m), cuenta con una subdivisión de quince subparcelas, las diez primeras de 20 m x 20 m y las 5 últimas de 10 m x 20 m (Figura 1). Esta clasificación y delimitación es brindada por Honorio y Baker (2010).

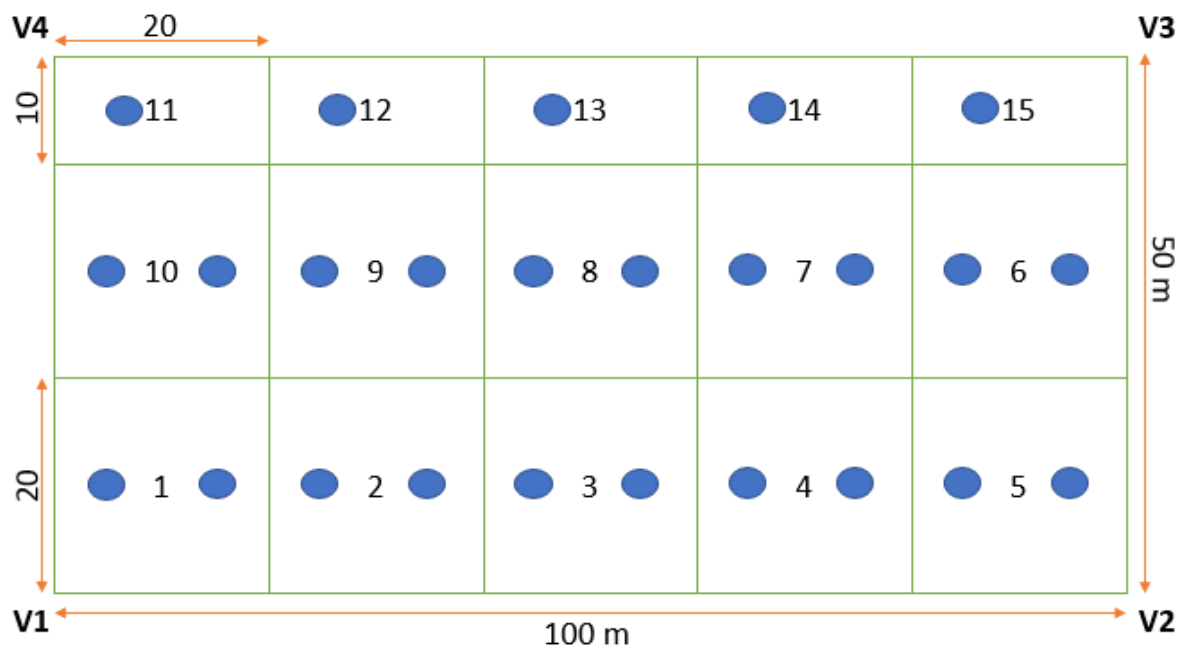


Figura 1 Distribución de las subparcelas y colectores en la parcela QUI_2

La distribución de los colectores se realizó debajo del dosel de mayor carga, este concepto es brindado por Alves *et al.*, (2010), que aplica esta metodología en ecosistemas donde la producción de hojarasca es alta y es importante entender la dinámica del ciclo de nutrientes. En las 10 primeras subparcelas se colocaron dos colectores y en las últimas 5 subparcelas solo se colocó uno, esto debido a la dimensión de las subparcelas.

Los colectores fueron hechos con tubos de PVC de 1" pulgada, envuelto en malla nylon 2 mm, con un área de muestreo de 0,25 m² (50 cm x 50 cm) para la colecta

de hojarasca y suspendido en el suelo a 1 metro de altura (Figura 2), para evitar contactos con los procesos descomponedores del suelo (Marthews *et al.*, 2015).



Figura 2 Colector N° 18 de la parcela QUI_2

3.3.2. Fase de campo

Los datos de campo fueron colectados en el bosque de turbera amazónica ubicado en el Complejo Turístico de Quistococha (Anexo 1), perteneciente al distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto; con coordenadas geográficas: Vértice 1 (-3.8345,-73.3164); Vértice 2 (-3.8347,-73.3169); Vértice 3 (-3.8344,-73.3168) y Vértice 4 (-3.8344,-73.3166) en ella se encuentra instalada la parcela Nro. 2 identificada con las iniciales (QUI_2).

La colecta se realizó de manera mensual, para ello se trasladó al km 6 de la carretera Iquitos – Nauta, donde está ubicado el Complejo Turístico de Quistococha, dentro del lugar se encuentra un zoológico de animales silvestres de

la zona, herbario natural de plantas endémicas y la laguna que lleva su nombre. Para ingresar a la parcela se debe cruzar la laguna en bote a remo, el tiempo es de 10 minutos, luego se deja el bote en la orilla y se procede a realizar una caminata de 15 minutos internándose en el bosque de turbera.

Una vez en la parcela se procedió a identificar los colectores distribuidos en las 15 subparcelas. Cada colector estaba debidamente rotulado con los números del 1 al 25 para la identificación correspondiente durante todo el periodo de muestreo.

Una vez identificado la hojarasca en el colector, se procedió a rotular el sobre de papel periódico (Figura 3), poniendo la fecha, el número de la parcela y colector, ejemplo: (08-06-21 / QUI_2 / Colector 1). Y se procedió se guardar toda la hojarasca del colector dentro del sobre, acción que se repetía en los 25 colectores.

Al momento de la colecta de hojarasca si se encontraba una hoja de palmera atravesando la malla, solo se cortaba la sección que daba con la parte interna del colector.



Figura 3 Rotulado del sobre de periodico en la parcela QUI_2

Una vez reunido los 25 sobres de periódico con la hojarasca colectada, se procedió a poner todos los sobres en una bolsa de plástico grande o un saco que permita proteger las muestras para ser llevado al Laboratorio de Investigación de Suelos.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

3.4.1. Procesamiento de las muestras en el laboratorio

Se segregó la hojarasca en sus 8 fracciones: hojas, flores, frutos, ramas < 2 cm, semilla, hojas de palmera, flor de palmera y otros (Figura 4a), sus fracciones fueron guardados en sobres pequeños, debidamente rotulados, ejemplo: QUI_2 / Colector 5 / Semilla (Figura 4b).



Figura 4 Segregado de la hojarasca y sus fracciones

Después de haber realizado el segregado de cada colector, los sobres fueron puestos a secar en el horno a una temperatura de 65 °C por 48 horas. Una vez obtenidas las muestras secas de cada colector, se procedió a realizar el pesado de cada fracción por colector, con la ayuda de una balanza analítica y el formato de registro del laboratorio para el pesado de hojarasca brindado por el Laboratorio de Investigación de Suelos.

3.4.2. Cálculo de la producción de hojarasca

Para obtener el cálculo de la producción de hojarasca se utilizó la hoja de Microsoft Excel 2019. Mediante esta herramienta se procedió a extrapolar los datos a $Mgha^{-1}año^{-1}$, se utilizó las opciones de gráfico y ecuaciones que brinda esta herramienta.

3.4.3. Determinación de la precipitación pluvial

Para los datos de precipitación pluvial se generó la descarga de la página web del SENAMHI: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones> del periodo comprendido entre agosto del 2020 a junio del 2021. La descarga se realizó de manera mensual en formato .xls de 3 las estaciones meteorológicas cercanas al punto de muestreo QUI_2 (San Roque, Puerto Almendra y Moralillo), ubicadas en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto. Tomando el valor promedio obtenido de las 3 estaciones meteorológicas.

Asimismo, se tomó información adicional del periodo 2000-2021, con la finalidad de observar si han ocurrido cambios bruscos en la precipitación pluvial de la zona de muestreo. Solo se realizó la descarga de la estación meteorológica Puerto Almendra, ya que es la única que contaba con los datos completos de 20 años.

3.4.4. Análisis estadísticos

Se utilizó la hoja de Microsoft Excel 2019 para las pruebas de hipótesis (Tabla 2), de la precipitación pluvial con la producción de hojarasca.

Tabla 2 Prueba de Hipótesis para determinar la relación entre la precipitación pluvial con la producción de hojarasca

PASOS	DETALLES
Plantear la hipótesis	$H_a : r \neq 0$ (Hay correlación lineal significativa) $H_o: r = 0$ (No hay correlación lineal significativa)
Escoger un nivel de significancia α	$\alpha = 0,05$
Calcular el coeficiente de correlación	r
Calcular la estadística de prueba t de Pearson (t_p)	$t=r/\sqrt{((1-r^2)/(n-2))}$
Determinar la t-tabular	Se obtiene de la tabla t de Student, con n-2 grados de libertad
Comparar los valores t_p y t-tabular	Si el valor estadístico del t_p excede el valor crítico de t-tabular, se rechaza la hipótesis nula $H_o: r = 0$
Concluir la prueba de hipótesis	Se acepta la hipótesis alterna $H_a \neq 0$ y se concluye que existe una correlación lineal significativa.

Tabla 3 Correlación Lineal Simple

Rango		Correlación Lineal
$\pm 0,96$	$\pm 1,00$	Perfecta
$\pm 0,85$	$\pm 0,95$	Fuerte
$\pm 0,70$	$\pm 0,84$	Significativa
$\pm 0,50$	$\pm 0,69$	Moderada
$\pm 0,20$	$\pm 0,49$	Débil
$\pm 0,10$	$\pm 0,19$	Muy Débil
$\pm 0,00$	$\pm 0,09$	Nula

La Tabla 3 exhibe el modelo de correlación validado mediante el test de t de Pearson con un nivel de significancia del 5%. El modelo de regresión que se aceptó es el que presentó el mayor coeficiente de determinación (R^2).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Producción de hojarasca

La tabla 4 indica que la producción promedio en la parcela de QUI_2 fue de 5,55 Mgha⁻¹año⁻¹. La fracción que más aportó en 10 meses a la producción de hojarasca son las hojas con un promedio de 2,47 Mgha⁻¹año⁻¹ correspondiente al 44,42%. Las flores de palmera constituyeron la segunda fracción con un aporte promedio de 1,38 Mgha⁻¹año⁻¹ correspondiente al 24,79%. Las ramas < 2 cm son la tercera fracción con un aporte promedio de 0,56 Mgha⁻¹año⁻¹ representando el 10,14%. La fracción semilla fue quien menos aporte dio a la hojarasca, brindando 0,04 Mgha⁻¹año⁻¹ en promedio, representando un 0,69%.

Las fracciones hojas, flores de palmera y ramas < 2cm son los que mayor aporte han brindado a la producción de hojarasca, mientras que las fracciones de frutos y semillas son los que menor producción de hojarasca han generado.

Tabla 4 Producción de hojarasca de la parcela QUI_2

Mes	Parcela QUI_2 (Mgha ⁻¹ año ⁻¹)								TOTAL
	Hojas	Ramas < 2 cm	Flores	Frutos	semilla	Otros	Hojas palmeras	Flor palmeras	
Setiembre	5,10	0,47	0,00	0,12	0,01	1,32	0,87	0,35	8,25
Octubre	3,54	1,94	0,02	0,00	0,05	0,78	0,93	2,22	9,48
Noviembre	2,76	0,21	0,27	0,00	0,05	0,12	0,33	0,00	3,74
Diciembre	1,66	1,08	0,46	0,03	0,02	0,19	0,15	3,66	7,25
Enero	1,19	0,73	0,14	0,04	0,05	0,19	0,13	0,02	2,48
Febrero	2,11	0,29	0,45	0,06	0,01	0,45	0,28	0,41	4,04
Marzo	1,79	0,22	0,04	0,07	0,05	0,42	0,14	0,26	2,99
Abril	3,04	0,25	0,30	0,12	0,07	0,43	0,20	0,45	4,87
Mayo	2,08	0,28	0,18	0,17	0,07	0,38	0,23	5,34	8,74
Junio	1,40	0,17	0,43	0,05	0,00	0,20	0,38	1,05	3,70
Promedio	2,47	0,56	0,23	0,07	0,04	0,45	0,36	1,38	5,55
%	44,42	10,14	4,13	1,18	0,69	8,07	6,57	24,79	100,00

La mayor participación de la fracción hojas se dio de setiembre a noviembre de 2020 y abril de 2021 con un aporte de 5,10 Mgha⁻¹año⁻¹; 3,54 Mgha⁻¹año⁻¹; 2,76 Mgha⁻¹año⁻¹ y su menor participación se dio en dos meses, enero y junio, de 2021 con un aporte de 1,19 Mgha⁻¹año⁻¹; 1,40 Mgha⁻¹año⁻¹ respectivamente.

La fracción ramas < 2 cm presentó una mayor producción en dos meses, octubre y diciembre, de 2020 con un aporte de 1,94 Mgha⁻¹año⁻¹; 1,08 Mgha⁻¹año⁻¹ y su menor valor se dio en junio del 2021 con un aporte de 0,17 Mgha⁻¹año⁻¹, respectivamente.

Las flores, frutos y semillas fueron las fracciones que menor aporte han brindado a la hojarasca representando solo el 6% de la producción.

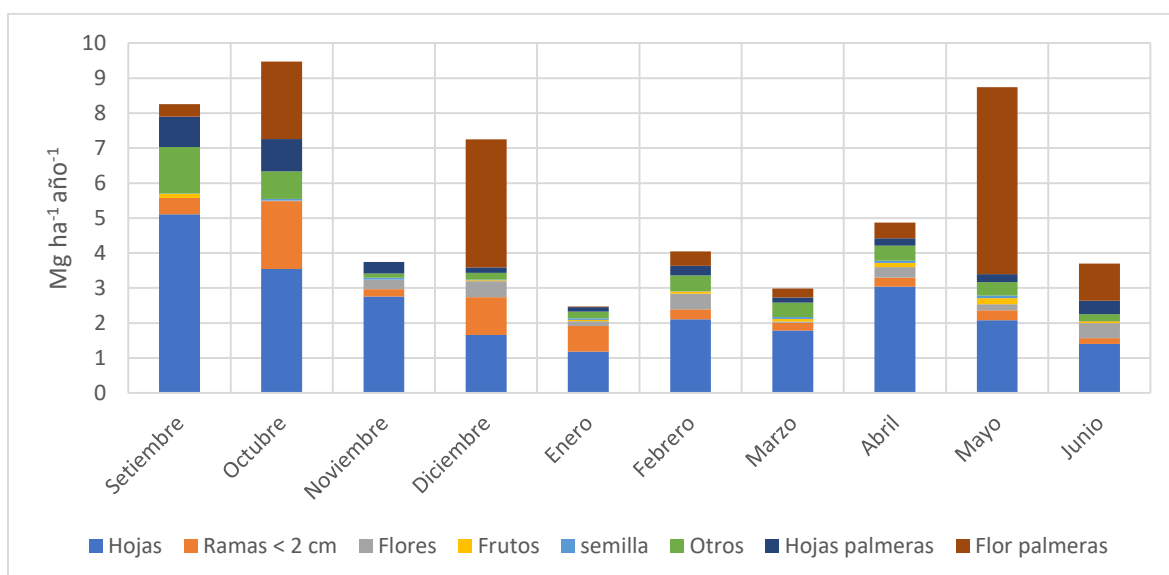


Figura 5 Producción mensual de hojarasca y la contribución por fracción

La fracción otros representa el 8,07% equivalente a 0,45 Mgha⁻¹año⁻¹ de la producción de hojarasca, en ella se consideraron restos de animales pequeños (insectos, piel de serpiente, entre otros) y componentes vegetales que no se ha podido identificar por el grado de descomposición que presentaron.

La fracción hojas de palmera representa el 6,57% equivalente a 0,36 $\text{Mg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ de la producción de hojarasca, estos valores reflejan que las palmeras tienen periodos más largos para producir y renovar sus hojas.

La fracción flor de palmera representa el 24,79% equivalente a 1,38 $\text{Mg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ de la producción de hojarasca siendo la segunda fracción con mayor participación. Los meses con mayor producción fue en mayo de 2021 con 5,34 $\text{Mg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ y diciembre de 2020 con un valor de 3,66 $\text{Mg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$.

En la Figura 5, se puede diferenciar que hay dos etapas bien marcadas con respecto a la floracion de las palmeras, estas son en los meses de octubre y diciembre de 2020 y mayo-junio de 2021, brindando asi dos etapas de floracion en un año.

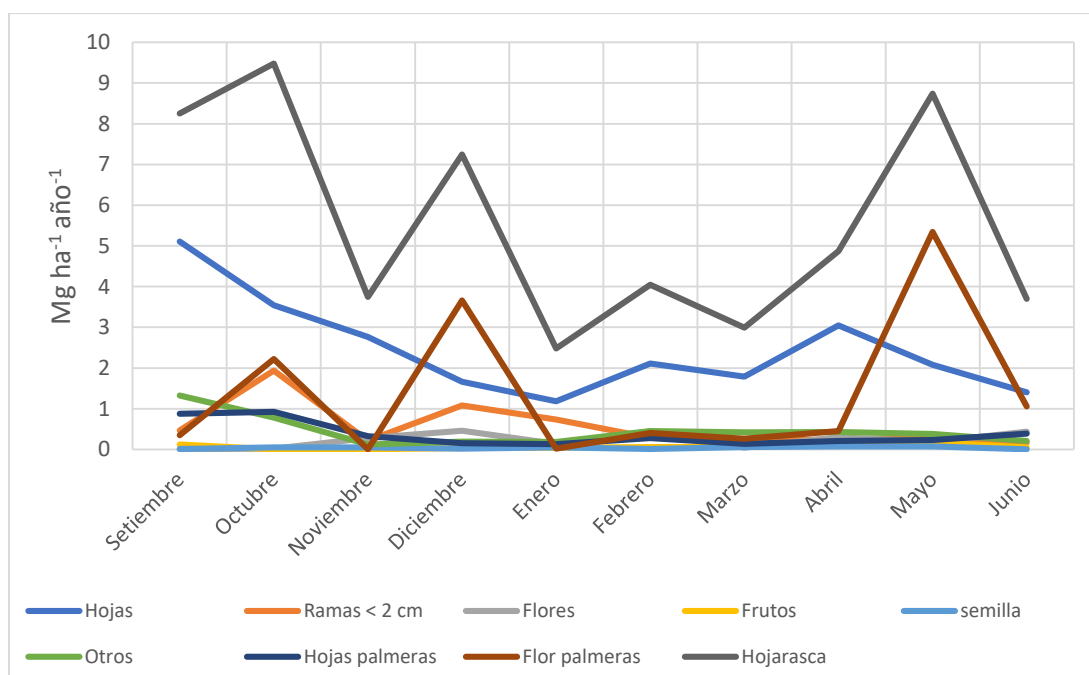


Figura 6 Producción mensual de hojarasca total y sus fracciones

La Figura 6, muestra las mayores producciones de hojarasca total en los meses de setiembre, octubre y diciembre de 2020 y mayo de 2021 ($8,25 \text{ Mg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$; $9,48$

Mgha⁻¹año⁻¹; 7,25 Mgha⁻¹año⁻¹; 8,74 Mgha⁻¹año⁻¹ respectivamente), estos 4 meses representan un 60,71% de la producción total.

Los meses de noviembre, febrero, abril y junio se presenta una producción intermedia (3,74 Mgha⁻¹año⁻¹; 4,04 Mgha⁻¹año⁻¹; 4,87 Mgha⁻¹año⁻¹; 3,7 Mgha⁻¹año⁻¹ respectivamente), representando un 29,46% de la producción total de hojarasca.

Los meses de menor producción de hojarasca fueron en enero y marzo del 2021 (2,48Mgha⁻¹año⁻¹; 2,99 Mgha⁻¹año⁻¹, respectivamente, representando un 9,84%.

4.2. Precipitación pluvial para QUI_2

Para tener una mejor confianza en los valores de precipitación pluvial se obtuvieron datos de tres estaciones meteorológicas (San Roque, Puerto Almendra y Moralillo) cercanas a la parcela QUI_2, las tres estaciones se encuentran a 5,5 km aproximadamente respecto a la parcela.

Tabla 5 Precipitación pluvial del periodo agosto 2020 – mayo 2021

Mes	Puerto Almendra (mm)	San Roque (mm)	Moralillo (mm)	Promedio PP (mm)
Agosto	90,60	85,40	119,90	98,63
Setiembre	245,00	301,10	343,80	296,63
Octubre	96,40	141,30	275,80	171,17
Noviembre	305,60	279,30	286,10	290,33
Diciembre	311,20	244,70	278,20	278,03
Enero	493,50	481,10		487,30
Febrero	184,30	126,50		155,40
Marzo	362,10			362,10
Abril	265,30	368,20		316,75
Mayo	234,20	221,50		227,85
Total	2588,20	2249,10	1303,80	2684,20
Promedio	258,82	249,90	260,76	268,42

Las estaciones meteorológicas de San Roque y Moralillo no tienen la data completa de todos los meses del año 2020, 2021, por lo cual se trabajó con los datos disponibles.

4.3. Precipitación pluvial y su relación con la producción de hojarasca

El proceso de formación de hojarasca es un proceso que se da de manera lenta, varía según la especie, las condiciones topográficas, condiciones climáticas entre otros factores (Mctierman *et al.*, 2003).

Martin y Escarré (1980), indican que la fenología de la hoja puede durar 9 meses desde la formación de brotes foliares hasta la caída de esta, lo mismo indica para flores y frutos llegando a tener un tiempo de 6 meses desde la formación hasta la caída. Sin embargo, es en los últimos dos meses donde se presenta la pérdida de pigmentos, el amarillamiento foliar y la caída misma.

En función de los conceptos descritos por Martin y Escarré (1980), se relacionaron el mes de la hojarasca colectada con un mes anterior de la precipitación ya que es donde empieza la caída de los detritos de las plantas al suelo.

Por ejemplo: el muestreo de hojarasca realizado el mes de setiembre de 2020 fue comparado con la precipitación de agosto de 2020, ya que es ahí donde sus componentes comienzan su proceso de caída de hojarasca.

Tabla 6 Relación de la precipitación pluvial con la producción de hojarasca

Mes	Precipitación (mm)	Hojarasca (Mgha ⁻¹ año ⁻¹)	Mes
Agosto	98,63	8,25	Setiembre
Setiembre	296,63	9,48	Octubre
Octubre	171,17	3,74	Noviembre
Noviembre	290,33	7,25	Diciembre
Diciembre	278,03	2,48	Enero
Enero	487,30	4,04	Febrero
Febrero	155,40	2,99	Marzo
Marzo	362,10	4,87	Abril
Abril	316,75	8,74	Mayo
Mayo	227,85	3,70	Junio

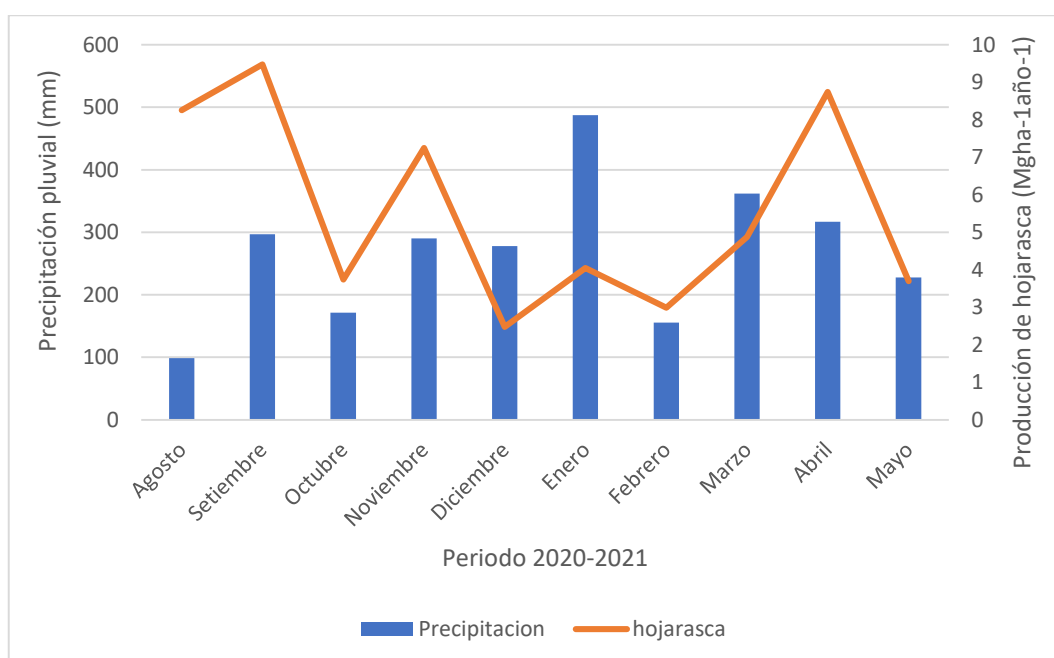


Figura 7 Relación de la precipitación pluvial y la producción de hojarasca

En la Figura 7, se observa la relación directamente proporcional entre la producción de hojarasca con la precipitación pluvial. Esto indica que al aumentar la precipitación pluvial también hay un aumento en la hojarasca y viceversa, esto se puede observar en los periodos de precipitación de agosto-noviembre 2020, enero-marzo y abril-mayo 2021.

Para el periodo noviembre-enero 2020 se puede apreciar que la relación no se cumple, pero se debe observar que son tres meses en que la precipitación se mantiene alta, esto puede ser un indicativo que el exceso de precipitación genera una saturación en el suelo y las especies de la zona tardan en realizar sus procesos fisiológicos, como lo explica la ley de tolerancia (Shelford, 1911 citado por Aguirre *et al.*, 2022).

Para el periodo abril-mayo 2021 también se puede apreciar que la precipitación disminuye, sin embargo, la hojarasca tiende a generar un aumento. Esto es debido a que la colecta para el mes de mayo ha tenido mayor presencia de flor de palmera, dando un gran aumento en la producción de hojarasca.

4.4. Análisis estadísticos

Las ecuaciones de regresión para estimar la precipitación pluvial con la producción de hojarasca se muestran en la Tabla 7, siendo la ecuación polinómica de tercer grado la que mejor relaciona a las variables de estudio.

Tabla 7 Modelos matemáticos aplicados para hallar la correlación de la precipitación pluvial con la producción de hojarasca

Línea de tendencia	Ecuación	Coefficiente de Determinación (R ²)	Coefficiente de Pearson (R)
Exponencial	$y = 4,8829e^{1E-04x}$	0,0002	0,014
Lineal	$y = -0,0003x + 5,6466$	0,0002	0,014
Logarítmica	$y = -0,176\ln(x) + 6,5226$	0,001	0,032
Potencial	$y = 5,1908x^{-0,006}$	0,001	0,032
Polinómica 3 grado	$y = -1E-06x^3 + 0,0011x^2 - 0,2705x + 25,223$	0,3903	0,625

La ecuación polinómica de 3 grado brinda un R de 0,625, lo que indica que la precipitación pluvial tiene una correlación positiva moderada (Tabla 3) con la producción de hojarasca. El R^2 obtenido es de 0,39 equivalente a un 39%, lo cual nos indica que el 39% de la producción de hojarasca del bosque de turbera de Quistococha responde a la precipitación pluvial. El 61% restante se atribuye a diferentes factores, mayormente controlados por procesos biológicos y climáticos, así como por la topografía, condiciones del suelo, especies vegetales, edad y densidad del bosque (Hernández et al., 1992).

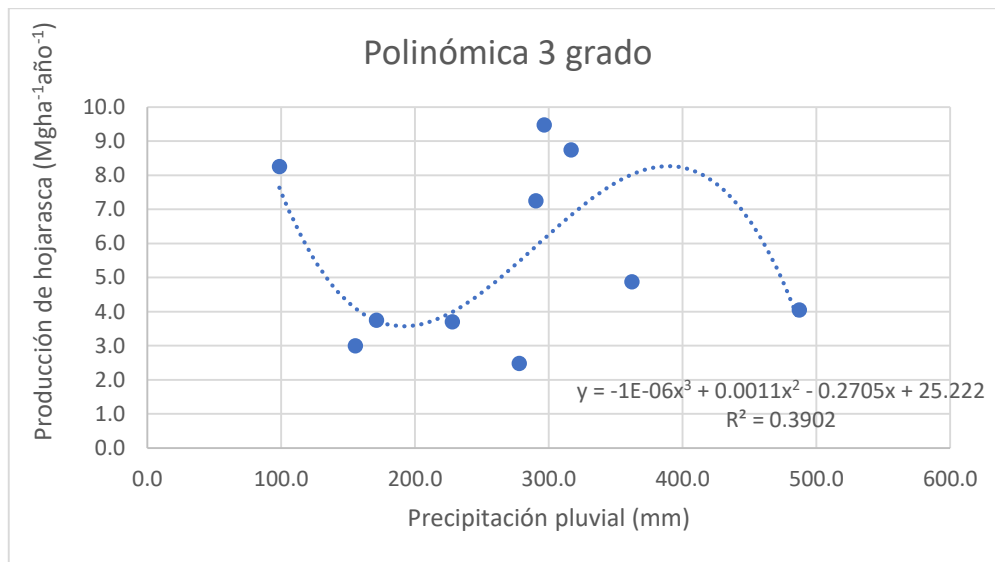


Figura 8 Correlación de la producción de hojarasca con la precipitación pluvial

En la Figura 8, la gráfica muestra la correlación de la ecuación polinómica de 3 grado. A través de la figura de correlación se puede observar que se presenta una relación óptima en el rango de 250 mm a 350 mm de precipitación. Esto es un indicativo para el bosque de turbera estudiada, dando un punto óptimo para la producción de hojarasca, donde pasado este rango de precipitación, sea menor o mayor, puede generar cambios que influyen en la producción de hojarasca.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

El proceso de descomposición de la hojarasca es influenciado por factores climáticos, Brown *et al.* en (1994), Jansson & Berg (1985) y Trofymow *et al.* (2002) han estudiado este aspecto a profundidad indicando que la temperatura regula las poblaciones descomponedoras, ya que una disminución en la temperatura conduce a una disminución en la actividad de los organismos. Sin embargo, Bruno (2020), indica que la humedad también es importante en el proceso de descomposición, ya que está directamente asociada con el lavado de los compuestos más solubles y, de manera indirecta, crea condiciones favorables para la fauna encargada de la descomposición.

Según estudios realizados en bosques tropicales, la producción de hojarasca responde a patrones estacionales, con valores más altos al final de la temporada de sequía (Morffi, 2021). Este patrón es el resultado de la caída de las hojas, que es una estrategia utilizada por las plantas para no perder agua por transpiración y sobrevivir al estrés hídrico, como se menciona en las investigaciones de Huechacona (2016) y Martins y Rodríguez (1999).

Las especies que crecen en lugares con alta humedad en el suelo tienen una producción de hojarasca más alta que las especies que se desarrollan en áreas con sequías estacionales y baja humedad, tal como lo sugieren Poorter & Markesteijn (2008). Para la turbera de Quistococha, no se puede ver un patrón estacional que defina la vaciante o creciente, muy por el contrario, se puede observar con los datos de precipitación del año 2020 y 2021 que son muy cambiantes y esta condición no permite mostrar las estaciones en el lugar de estudio, pudiendo ser la razón por la que la producción de hojarasca en esta turbera no tenga diferencias marcadas por la estación en tiempos prolongados.

De acuerdo con las investigaciones llevadas a cabo por Morffi (2021), las hojas son la parte que mayormente contribuye a la formación de la hojarasca, seguidas por las ramas, siendo las estructuras reproductivas las que aportan menos a esta acumulación. Esta información coincide parcialmente con el presente estudio que muestra a las hojas como la fracción que más ha contribuido a la hojarasca, sin embargo, la segunda fracción con más aporte es la flor de palmera, en tercer lugar, las ramas <2cm y la fracción con menos aporte es las semillas. Esta diferencia puede obedecer principalmente a la composición florística de esta turbera que tiene gran abundancia de palmeras cuyos órganos reproductivos son de gran tamaño; también los factores climáticos, las especies presentes en cada ecosistema, topografía, cantidad de nutrientes en el suelo, edad del bosque, entre otros pueden influir en estos cambios.

Quinto y Moreno (2011) cuantificaron la biomasa aérea (BA), donde se utilizaron ecuaciones diseñadas para bosques húmedos tropicales para medir la BA. Los resultados dieron incrementos anuales de BA, teniendo valores promedios de 4,42 $Mgha^{-1}año^{-1}$ y 3,18 $Mgha^{-1}año^{-1}$ en dos subparcelas respectivamente. Estos resultados no apoyaron la hipótesis planteada que la disminución de hojarasca se daba al aumentar la precipitación. Haciendo un contraste con el presente estudio, que se realizó en zona de turbera tropical se puede decir que el estudio de Quinto y Moreno ayuda a resaltar que la precipitación pluvial si influye en la producción de hojarasca, teniendo un crecimiento directo, hasta llegar a un punto de saturación completa en el ecosistema donde ya no se presenta mayor producción de hojarasca, muy por el contrario, solo se observa un mínimo crecimiento.

Sánchez *et al.* (2003) analizaron la productividad de hojarasca, para ello, se utilizaron 15 colectores mensuales para medir la cantidad de hojarasca durante un

año. La producción total anual fue de 8719,5 Mgha⁻¹, donde el porcentaje fue de 64%, 23%, 6%, 1% y 6% correspondiente a hojas, ramas, elementos reproductivos, corteza y misceláneo respectivamente. Se observaron dos picos en la caída de hojarasca: el primero en septiembre de 1999 debido al estrés hídrico y el segundo en marzo de 2000 debido a las fuertes lluvias y los vientos intensos. En conclusión, el estudio demostró que la precipitación de hojarasca se dio en todo el año, con dos picos durante la estación seca y la lluviosa. Estos cambios se pueden observar cuando se presenta estaciones muy marcadas (seca y húmeda), sin embargo, en el presente estudio la precipitación pluvial no ha generado estaciones bien marcadas para poder relacionar estos cambios por estación, sin embargo, a pesar de tener una constante precipitación a lo largo de los 10 meses de estudio ha permitido identificar una relación directa con los cambios en aumento y disminución de la hojarasca.

Soler *et al.*, (2008) investigaron la productividad de hojarasca en los altos llanos centrales de Venezuela, examinando tres tipos de vegetación: bosque, arbustal y sabana arbolada. Se observó que la producción de hojarasca es un patrón anual, con los valores máximos registrados en los meses finales del año y los valores mínimos al inicio de este. Este patrón también se observó en el bosque de turbera de Qui_2, donde se registró una alta producción de hojarasca a finales del año 2020, mientras que a principios del año 2021 se observó una tasa de producción más baja.

En el presente estudio, la producción total de hojarasca extrapolada al año se mantiene dentro del rango de valores registrados en comparación con otros bosques tropicales, que van desde 1,79 a 10,7 Mgha⁻¹año⁻¹ (León y Quiroga, 1982; Rodríguez, 2002). Sin embargo, es importante tener precaución al comparar con

otros estudios debido a las técnicas empleadas (Proctor, 1983; Veneklaas, 1991). En relación a la composición de la hojarasca, se identificó que las hojas representaron aproximadamente el 44,42% del total, cifra inferior en comparación con bosques tropicales colombianos: donde se han registrado porcentajes de 74,4% (Rodríguez y Rosas, 1993), 55% (Arenas, 1995), 86% (Cruz, 2001) y 78% (Rodríguez, 2002), así como en otros bosques de Centro y Sudamérica, con valores de 70% en México (Williams-Linera & Tolome, 1996) y 72% en Venezuela (Monedero y González, 1995). Es relevante señalar que la cifra obtenida en este estudio no concuerda con lo presentado en un análisis de regresión que indicó que el 70% de la producción total de hojarasca corresponde a hojas (Meentemeyer et al., 1982), lo que sugiere que la composición de la hojarasca podría variar dependiendo del tipo de bosque. Sin embargo, este estudio resalta que la mayor contribución a la hojarasca total en cualquier tipo de bosque es la de las hojas.

Los bosques experimentan una reducción en su producción cuando la precipitación es limitada o escasa (Sarmiento, 1984; Bruijnzeel & Veneklaas, 1998; Roderick, et al., 2001). Además, diversos factores pueden limitar la productividad, como suelos saturados que restringen la respiración de las plantas a través de las raíces y consideraciones bioquímicas, como una mayor inversión de carbono en el crecimiento del sistema radicular en lugar de la parte aérea (Bruijnzeel & Veneklaas, 1998). También intervienen factores biológicos, como un índice del área foliar (IAF) reducido debido a la escasa disponibilidad de luz, la estructura foliar (caracterizada por hojas gruesas, pequeñas y duras) y una mayor longevidad de las hojas (Hamilton, 1995; Bruijnzeel & Veneklaas, 1998; Purves, et al., 1998; Vitousek, 1998). Aunque estas interacciones pueden ser intrincadas y específicas para cada tipo de bosque, podemos concluir que, en una escala local, los diversos

factores climáticos no son suficientes para explicar las variaciones observadas en la producción de hojarasca (Lambers et al., 1998).

Álvarez y Guevara (1985), han observado grandes diferencias en la producción de hojarasca a lo largo del tiempo, lo que podría deberse a variaciones climáticas como precipitación, temperatura y humedad relativa ambiental. También la fenología vegetativa y reproductiva es de mucha importancia, ya que la producción de hojarasca puede variar significativamente entre diferentes períodos.

En este estudio, se observó que en términos de porcentaje, las flores de palmera fueron más abundantes que las ramas, en contraste con otros trabajos en los que la proporción de ramas ha superado a la de las flores (Veneklaas, 1991; Arenas, 1995; Sundarapandian & Swamy, 1999; Cruz, 2001; Rodríguez, 2002). Las diferencias temporales encontradas en la producción de partes reproductivas entre los colectores podrían deberse a la fenología de las especies. En estas áreas donde la presencia de palmeras es abundante, la producción de flores puede darse en distintos períodos y asincrónica en individuos de la misma especie. En este estudio, se observó una mayor producción de partes reproductivas en palmeras en diciembre y mayo del 2020. Además, se sugiere que la presencia de animales en el área puede influir en la producción de partes reproductivas, ya que estos pueden visitar y forrajear en áreas con una mayor producción de flores y frutos (Vargas-Parra y Varela, 2007). Según Stevenson (2004), cuando los monos visitan estas áreas para alimentarse, pueden hacer que caigan frutos con sus movimientos y dispersar las semillas a través de sus deposiciones, lo que puede contribuir a una mayor producción de partes reproductivas.

En relación con el contenido de material no identificado en la hojarasca, se observó que un 8,7% del total correspondió a esta fracción, valor que supera los rangos normalmente reportados. Veneklaas, (1991) identificó valores elevados de 3,1% y 5,3% a 2550 y 3370 msnm respectivamente. También Arenas, (1995) registró valores de 5,2% y 4% en bosque nativo y de eucaliptos a 3125–3250 msnm y 3050-3100 msnm, respectivamente. Por su parte, Cruz (2001) reportó un valor de 0,1% y Rodríguez (2002) un valor de 1%, en ambos casos entre 2750 y 2850 msnm.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. La producción de hojarasca en la parcela de estudio ha brindado límites de producción de $9,48 \text{ Mgha}^{-1}\text{año}^{-1}$ y $2,48 \text{ Mgha}^{-1}\text{año}^{-1}$ teniendo un promedio de producción $5,55 \text{ Mgha}^{-1}\text{año}^{-1}$, siendo la fracción hojas la de mayor producción, seguido de la fracción flor de palmera, ramas < 2cm, otros, hojas de palmera, flores, frutos, semillas con un aporte del 44,42%; 24,79%; 10,14%; 8,07%; 6,57%; 4,13%; 1,18% y 0,69%, respectivamente.
2. Los datos de precipitación pluvial de los 10 meses en la zona de estudio no mostraron diferencias estacionales (vacante y creciente), se presenció disminución de la precipitación en un mes, pero no se evidenció la presencia de varios meses manteniendo una precipitación baja para diferenciar las estaciones.
3. La ecuación polinómica de grado 3 brindó mejores resultados, con un R de 0,625 que indico que la precipitación pluvial tiene una correlación positiva moderada frente a la producción de hojarasca. Esta ecuación también nos brindó un R^2 , lo cual expresa que el 39% de la producción de hojarasca se debe a la precipitación pluvial.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. Es sugerido que los hallazgos obtenidos en este estudio sean utilizados para impulsar acciones contra el cambio climático, destacando la importancia del bosque en la mejora del ciclo de nutrientes, particularmente del carbono. Las especies vegetales presentes en el bosque de turbera demuestran eficiencia en la conversión de CO₂ en biomasa y energía para la cadena alimentaria.
2. Además, se recomienda ampliar el tiempo de evaluación de la producción de hojarasca (más allá de dos años) con el propósito de reducir la predisposición de los datos y lograr una mayor fiabilidad en los resultados obtenidos.
3. Se sugiere llevar a cabo más investigaciones que permitan analizar los diversos factores que influyen en el comportamiento de la producción de hojarasca, tales como la temperatura, la humedad, los nutrientes presentes en el suelo y la intensidad de los vientos.
4. Realizar estudios para determinar el rango óptimo de precipitación para la producción máxima de hojarasca a fin de que ayude a predecir el comportamiento del ecosistema ante eventuales cambios en los patrones de precipitación.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aguirre, S. E., Piraneque, N. V. y Mercado, T. (2022). Suelo y cambio climático: Incluye estudio de casos. Primera edición. *Editorial Unimagdalena*. Bogota, Colombia. 196 p. DOI: 10.21676/9789587464993
- Álvarez, J. y Guevara, S. (1985). Caída de hojarasca en la selva. *En: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. II. GómezPompa, A. y del Amo, S. (eds.). Primera edición. *Editorial Alhambra Mexicana*. México, D.F., México., SA. de CV. 171-189.
- Alves, L. F., Vieira, S. A., Scaranello, M. A., Camargo, P. B., Santos, F. A. M., Joly, C. A. & Martinelli, L. A. (2010). Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). *Forest Ecology and Management*, 260(5), 679-691. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.05.023>
- Arenas, H. (1995). Dinámica de la hojarasca en un bosque nativo altoandino y un bosque de eucaliptos en la región de Monserrate, Colombia. *En: Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino de la cordillera Oriental de Colombia*. Mora-Osejo, L. y Sturm, H. (eds.), tomo II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras No. 6, Bogotá, Colombia. 457-484.
- Becerra, A. F. (2022). Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) suelo-atmósfera en tres coberturas de un paisaje de turberas de la Amazonía Nororiental Colombiana. [Tesis de grado, Pontificie Universidad Javeriana] <http://hdl.handle.net/10554/58982>.
- Brown, S., Anderson, J. M., Woome, P. L., Swift, M. J. & Barrios., E. (1994). Soil biological processes in tropical ecosystems. *In: The Biological management*

- of tropical soil fertility. (Eds. P.L. Wooster and M.J. Swift). John Wiley and Sons, Chichester, UK. 120 p.
- Bruijnzeel, L. A. & Veneklaas, E. J. (1998). Climatic conditions and tropical montane forest productivity: the fog has not lifted yet. *Ecology* 79 (1): 3-9. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[0003:ccatmf\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[0003:ccatmf]2.0.co;2)
- Bruno, D. I. (2020). Descomposición de hojarasca y liberación de nutrientes de dos leguminosas arbóreas en un pastizal con árboles dispersos, en un clima cálido subhúmedo. [Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas]. <http://hdl.handle.net/10521/4364>
- Caldato, S. L., Floss, P. A. y Serafini, E. C. (2010). Producción y descomposición de hojarasca en un bosque mixto de araucarias en el sur de Brasil. *Bosque Valdivia*, 31(1), 3-8. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002010000100001>
- Chevez, J. J. (2020). Evaluación de la productividad primaria neta (PPNh) de bosques monoespecíficos de manglar (*Avicennia germinans*) en el ciclo de carbono y su influencia en la costa de Louisiana. [Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6755>
- Corrales, L. D. M. (2018). Caracterización biofísica y determinación del intercambio de gases de efecto invernadero en las turberas de Talamanca, Costa Rica [Tesis de Maestría en Ciencias, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8975>
- Cruz, G. L. (2001). Comparación de la caída de hojarasca entre fragmentos y áreas de bosque continuo altoandino en la región suroccidental de la Sabana de Bogotá. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia]

- Del Valle-Arango, J. I. (2003). Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos del pacífico colombiano. *Interciencia*, 28(3), 148-153.
- Facelli, J.M. & Pickett, S.T.A. (1991). Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. *Bot Rev* 57, 1–32. <https://doi.org/10.1007/BF02858763>
- Hamilton, L. S. (1995). Mountain Cloud Forest Conservation and Research: A Synopsis. *Investigación y desarrollo de montañas*, 15 (3), 259 – 266. <https://doi.org/10.2307/3673933>
- Hernández, I. M., Regina, I. S. y Gallardo, J. E. (1992). Dinámica de la descomposición de la hojarasca forestal en bosques de la Cuenca del Duero (Provincia de Zamora). *Arid Land Research and Management*, 6(4), 339-355. DOI:10.1080/15324989209381328
- Honorio, E. N. y Baker, T. R. (2010). Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. <https://hdl.handle.net/20.500.12921/290>
- Huber, A. y Oyarzún, C. (1983). Producción de Hojarasca y sus Relaciones con Factores Meteorológico en un Bosque de *Pinus radiata* (D.Don.). *Bosque*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.4206/bosque.1983.v5n1-01>
- Huechacón, A. H. (2016). Dinámica de la producción de hojarasca y el índice de Área Foliar en un Bosque Tropical Seco en Yucatán. [Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán. México] <https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/419>
- Intergovernmental Panel On Climate Change - IPCC. (2022). Sexto informe de evaluación del IPCC: Cambio Climático 2022 | UNEP - UN *Environment Programme*. Recuperado 1 de mayo de 2023, de <https://www.unep.org/es/resources/informe/sexta-informe-de-evaluacion-del-ipcc-cambio-climatico-2022>

- Jansson, P. E. & Berg, B. (1985). Temporal variation of litter decomposition in relation to simulated soil climate. Long term decomposition in a Scots pine forest. *Canadian Journal of Botany*, 63(6), 1008-1016. DOI:10.1139/b85-136
- Joosten, H. & Clarke, D. (2002). Wise use of mires and peatlands. *International Mire Conservation Group and International Peat Society*. Saarijärven Offset Oy Saarijärvi, Finland 304 p.
- Kimmel, K. & Mander, Ü. (2010). Ecosystem services of peatlands: Implications for restoration. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 34(4), 491-514. <https://doi.org/10.1177/0309133310365595>
- Lähteenoja, O. (2011). Carbon Dynamics and Ecosystem Diversity of Amazonian Peatlands [Tesis, University of Turku]. ISBN 978-951-29-4746-1
- Lambers, H., Chapin, F.S. & Pons, T.L. (1998). Role in Ecosystem and Global Processes. *In: Plant Physiological Ecology*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2855-2_10
- León, M. y Quiroga, R. (1982). Producción de materia orgánica caída en dos bosques circundantes a la Sabana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia, 128 pp.
- Lilleskov, E., McCullough, K., Hergoualc'h, K., Del Castillo, D., Chimner, R., Murdiyarso, D., Kolka, R., Bourgeau-Chavez, L., Hribljan, J., del Aguila Pasquel, J. & Wayson, C. (2019). Is Indonesian peatland loss a cautionary tale for Peru? A two-country comparison of the magnitude and causes of tropical peatland degradation. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24(4), 591-623. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9790-3>
- Liu, C., Westman, C. J., Berg, B., Kutsch, W., Wang, G. Z., Rongzhou, H. & Ilvesniemi, H. (2004). Variation in litterfall-climate relationships between

coniferous and broadleaf forests in Eurasia. *Global Ecology and Biogeography*, 13, 105–114 <https://doi.org/10.1111/j.1466-882X.2004.00072.x>

Marthews, T., Riutta, T., Girardin, C., Butt, N., Cain, R., Menor, I., Urrutia, R., Moore, S., Metcalfe, D., Malhi, Y., Phillips, O., Huasco, W. & Ruiz, M. (2015). Measuring tropical forest carbon allocation and cycling. *Global Ecosystems Monitoring network*.

Martin, J. y Escarré, A. (1980). Datos de fenología, reducción de hoja y variaciones estacionales de la composición foliar, en cuatro especies del matorral costero del Mediterráneo meridional ibérico. *Mediterránea*, 4, 68-88.

Martins, S. V. y Rodríguez R. R. (1999). Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. *Revista Brasileira Botânica*, 22 (3), 405-412. <https://doi.org/10.1590/S0100-84041999000300009>

Mathews, L. J. (2012). Relación de las variables climáticas en la producción de biomasa y almacenamiento de carbono contenido en la hojarasca (necromasa foliar) en un bosque de terraza en Jenaro Herrera - Loreto. [Tesis de grado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2130>

Mctierman, K. B., Couteaux, M. M., Berg, B., Berg, M. P., Calvo de Ant, R., Gallardo, A., Kratzs, W., Piussi, P., Remade, J. & Virzo A. (2003). Changes in chemical composition of *Pinus silvestris* needle litter during decomposition along a European coniferous forest climatic transect. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 801-812. [Doi.org/10.1016/S00380717\(03\)00107-X](https://doi.org/10.1016/S00380717(03)00107-X)

- Meentemeyer, V., Box, E. & Thompson, R. (1982). World Patterns and amounts of terrestrial plant litter production. *BioScience* 32 (2): 125-128. <https://doi.org/10.2307/1308565>
- Monedero, C. y González, V. (1995). Producción de hojarasca y descomposición en una selva nublada del ramal interior de la Cordillera de la Costa, Venezuela, *Ecotrópicos* 8 (1-2): 1-14.
- Morffi, H. (2021). Estimación de la producción de hojarasca y la descomposición foliar en un bosque tropical seco en la reserva biocultural Kaxil Kiuic, Yucatán, México [Tesis doctoral, Centro Investigación Científica de Yucatán]. https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1879/1/PCB_D_Tesis_2021_Hernan_Morffi_Mestre.pdf
- Murcia, M. A. (2020). Dinámica de la caída de hojarasca en un gradiente sucesional del bosque altoandino Colombiano. *BISTUA REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS*, 179–186. <https://doi.org/10.24054/bistua.vi.227>
- Murdiyarsa, D., Hergoualc'h, K. & Verchot, L. V. (2010). Opportunities for reducing greenhouse gas emissions in tropical peatlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(46), 19655–19660. <https://doi.org/10.1073/pnas.0911966107>
- Page, S. E., Rieley, J. O. & Banks, C. J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 17(2), 798–818. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x>
- Pardo-Toledo, E., Araujo-Murakami, A., Arroyo, L., Heredia, J. P., Rojas-Landívar, V. D., Flores-Valencia, M., Perez, Z., Sibling, R., Mendizabal, L. M., Vega-Martínez, M. y Moreno, L. (2014). Productividad interanual e interestacional

- de la biomasa aérea en la Chiquitanía transicional a la Amazonía (Guarayos, Bolivia). *Ecología en Bolivia*, 49(2), 77–92.
- Poorter, L. & Markesteijn, L. (2008), Seedling traits determine drought tolerance of tropical tree species. *Biotropica*, 40: 321-331. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00380.x>
- Proctor, J. (1983). Tropical forest litterfall. I. Problems of data comparison. *In*: Tropical rain forest: ecology and management. Sutton, S., Whitmore, T. & Chadwick, A. (eds.). First edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford, England, 267-273.
- Purves, W., Orians, G., Heller, H. & Sadava, D. (1998). Life: the science of biology. Fifth edition. Sinauer Associates, Inc. WH. Freeman and Company. Massachusetts, USA. 1243 pp.
- Quinto, H., Ramos, Y. y Bonilla, D. (2007). Cuantificación de la caída de hojarasca como medida de la productividad primaria neta en un bosque pluvial tropical en Salero, Chocó, Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*. Vol. 26, Nº. 1.
DOI: <https://doi.org/10.18636/BIODESARROLLO.V26I1.464.G476>
- Quinto, H., y Moreno, F. (2011). Dinámica de la Biomasa Aérea en un Bosque Pluvial Tropical del Chocó Biogeográfico. *Revista Facultad Nacional de Agronomía de Medellín*, 64(1), 5917–5936.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/26399>
- Roderick, M., Farquar, G., Berry, S. & Noble, I. (2001). On the direct effect of clouds and atmospheric particles on the productivity and structure of vegetation. *Oecologia* 129: 21-30. <https://doi.org/10.1007/s004420100760>

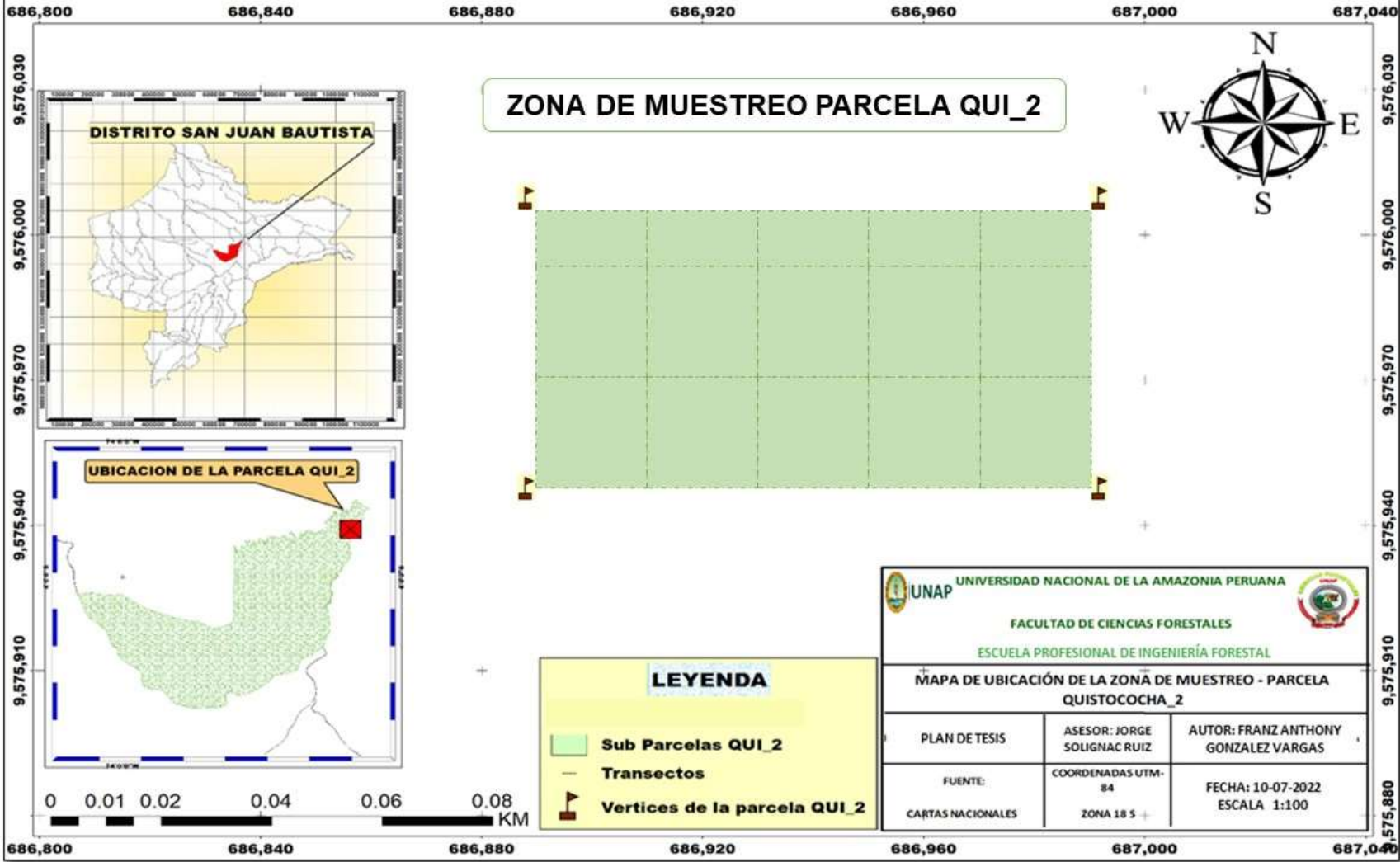
- Rodríguez, E. y Rosas, M. (1993). Caída de hojarasca en el bosque altoandino de Carpanta. En: "Carpanta" selva nublada y páramo: ecología y conservación de un ecosistema altoandino. Andrade G. (ed.). Primera edición, Fundación Natura, Bogotá, Colombia, 81-95.
- Rodríguez, E. A., Chang, J. C. y Goti, I. (2012). Productividad primaria del manglar de *Rhizophora mangle* L. en el canal estuarino Isla de Cañan, provincia de Los Santos, República de Panamá. *Tecnociencia*, 14(2), 85–99. Recuperado a partir de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/1005>
- Rodríguez, I. (2002). Comparación de la producción de hojarasca entre áreas continuas y fragmentos de bosque andino y su relación con la escorrentía foliar, el porcentaje de cobertura vegetal y el índice de área foliar. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 117 pp.
- Roucoux, K. H., Lawson, I. T., Baker, T. R., Del Castillo, D., Draper, F. C., Lähteenoja, O., Gilmore, M. P., Honorio, E. N., Kelly, T. J., Mitchard, E. T. A. & Vriesendorp, C. F. (2017). Threats to intact tropical peatlands and opportunities for their conservation. *Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology*, 31(6), 1283–1292. <https://doi.org/10.1111/cobi.12925>
- Salas, J. e Infante A. (2006). Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. *Rev. For. Lat.* 40, 47–70.
- Sánchez, M., Prieto, D., Peral, F. C., Tamburi, C. A., Casen, R. & Berazain, R. (2003). Producción de hojarasca en un bosque semideciduo São Pedro, Potirendaba, estado de São Paulo, Brasil. *Revista Del Jardin Botanico Nacional*, 24, 1–2.

- Sarmiento, G. (1984). Los ecosistemas y la ecósfera. Primera edición, Barcelona, España, Editorial Blume. 85-95.
- Scharlemann, J. P., Tanner, E. V., Hiederer, R. & Kapos, V. (2014). Global soil carbon: Understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management*, 5(1), 81–91. <https://doi.org/10.4155/cmt.13.77>
- Soler, P., Berroterán, J., Gil, J. L. y Acosta, R. (2008). Producción de hojarasca de la vegetación nativa en los llanos altos centrales de Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 26(3), 265-268. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000300023
- Stevenson, P.R. (2004). Seed shadows generated by woolly monkeys (*Lagothrix lagothricha*) within their home range. Field studies of fauna on flora La Macarena, Colombia. No. 14: 29-36.
- Sundarapandian, S. & Swamy, P. (1999). Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forests at Kodayar in the Western Ghats, India. *Forest Ecology and Management* 123: 231-244. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00062-6)
- Teh, Y. A., Berrio, J. C., Boom, A., Murphy, W. & Page, S. E. (2017). Seasonal variability in methane and nitrous oxide fluxes from tropical peatlands in the Western Amazon basin. *Biogeosciences*, 14, 3669–3683. <https://doi.org/10.5194/bg-14-3669-2017>
- Trofymow, J. A., Moore, T. R., Titus, B., Prescott, C., Morrison, I., Siltanen, M., Smith, S., Fyles, J., Wein, R., Camiré, C., Duschene, L., Kozak, L., Kranabetter, M. & Visser, S. (2002). Rates of litter decomposition over 6 years in Canadian forest: influence of litter quality and climate. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 789-804. <https://doi.org/10.1139/x01-117>

- Vargas Parra, L. y Varela, A. (2007). Producción de hojarasca de un Bosque de Niebla en la Reserva Natural La Planada (Nariño, Colombia). *Universitas Scientiarum*, 12, 35–49. Retrieved from <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/4872>
- Veneklaas, E. (1991). Litterfall and nutrients fluxes in two montane tropical rain forests, Colombia. *Journal of Tropical Ecology* 7: 319-336. <https://doi.org/10.1017/S0266467400005587>
- Vitousek, P. (1998). The structure and functioning of montane tropical forests: control by climate, soils and disturbance. *Special Feature. Ecology* 79 (1): 1-2. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/176857>
- Welch, B., Gauci, V. & Sayer, E. J. (2019). Tree stem bases are sources of CH₄ and N₂O in a tropical forest on upland soil during the dry to wet season transition. *Global Change Biology*, 25(1), 361–372. <https://doi.org/10.1111/gcb.14498>
- Williams-Linera, G. & Tolome, J. (1996). Litterfall, temperature and tropical dominant trees, and climate in a mexican lower montane forest. *Biotropica* 28 (4): 649-656. <https://doi.org/10.2307/2389051>
- Zamora, S. A. (2018). Evaluación de la productividad primaria neta de los fustes y del dosel en un bosque húmedo Pre Montano Tropical (bh-PT) del Área de Conservación Regional Cordillera Escalera, región San Martín [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1745/Absalon_Tesis_Licenciatura_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Ubicación de la parcela QUI_2



Anexo 2. Formato para el pesado de hojarasca seca

Fecha colecta:									
Responsable Colección:									
Cuadrantes	Peso seco (g/muestra)							Hojas palmeras	Flor palmeras
	Hojas	Ramas < 2 cm	Flores	Frutos	semilla	Otros			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									

Anexo 3. Suelo de turbera de la parcela de QUI_2



Anexo 4. Colecta de hojarasca en la parcela QUI_2



Anexo 5. Abundancia de palmeras en la parcela QUI_2



Anexo 6. Lago del Complejo Turístico de Quistococha

