

**UNIVERSIDAD NACIONALAGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**«ESTUDIO DE LA DINÁMICA Y ALMACENAMIENTO DE  
CARBONO EN LOS BOSQUES PANTANOSOS EN LOS RÍOS  
UCAYALI, MARAÑÓN Y TIGRE EN LA REGIÓN LORETO»**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL**

**CECILIA LESLY BALLÓN FALCÓN**

**LIMA – PERÚ**

**2023**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art.24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)**

### Document Information

Analyzed document	Tesis FCF CBF ver4.docx (D151167663)
Submitted	11/28/2022 3:08:00 AM
Submitted by	RUBY VEGA RAVELLO
Submitter email	rvega@lamolina.edu.pe
Similarity	0%
Analysis address	rvega.unalm@analysis.urkund.com

### Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Tesis final Narcisca Cartuche - FINAL.pdf</b> Document Tesis final Narcisca Cartuche - FINAL.pdf (D21778937)	 1
<b>SA</b>	<b>TAREA+PRACTICUM.xlsx</b> Document TAREA+PRACTICUM.xlsx (D139406825)	 1

### Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONALAGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTAL

"ESTUDIO DE LA DINÁMICA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LOS BOSQUES PANTANOSOS EN LOS RÍOS UCAYALI, MARAÑÓN Y TIGRE EN LA REGIÓN LORETO"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

CECILIA LESLY BALLÓN FALCÓN

LIMA – PERÚ 2022

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art.24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)

DEDICATORIA

A mi madre Luz Marina y a mi abuela Marcela. A la madre naturaleza y a sus amorosos hijos que la respetan y guardan. A mis compatriotas del Perú profundo, por su fuerza de trabajo y calidad humana.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis asesores, Julio Alegre O. y Euridice Honorio C. y por sus revisiones y comentarios a lo largo del desarrollo de la investigación. A Dennis Del Castillo T. y Ricardo Farroñay, director y administrador del Programa PROBOSQUES del IAP respectivamente, por su colaboración en el presente estudio. Y a las instituciones IAP y RAINFOR por la contribución A Euridice Honorio C., por el aporte científico en proporcionar datos de los primeros censos para las parcelas en estudio. A Frederick C. Draper por su apoyo en el análisis de carbono en el suelo en laboratorio. Quiero agradecer a las personas que acompañaron la investigación en la fase de campo. Fue una gran experiencia en las turberas amazónicas y aguajales en particular: a Darcy Galeano (UNSAAC), Luisa Huaratapayro C. (UNAP) compañeros de campo. A los técnicos Hugo Vásquez V. y Julio Irarica P., los mejores acompañantes de campo que alguien pueda tener, por su gran energía, alegría, protección y conocimiento vivencial de los bosques de Loreto. También a nuestros amigos Jack Pacaya y Fredy Rodríguez. A Chelsie L. Romulo y Rupesh K. Bhomia por permitirme ampliar mi experiencia, conocimiento técnico y socioeconómico de los Aguajales en Loreto, gracias a sus investigaciones. A las personas que nos recibieron en sus comunidades, nos acogieron en su hogar y nos asistieron en campo en el C.P. Jenaro Herrera (río Ucayali), en C.N. Nueva York, C.P. Miraflores (río Tigre), a la C.N. Veinte de Enero (río Yanayacu Pucate) y muy especialmente en la Comunidad Nativa Parinari (río Marañón) a la familia Flores Simón: Émilton, Heráclides y Einstein por habernos acogido calurosamente, habernos mostrado su gran labor en el manejo sostenible del Aguaje con el "Proyecto Esperanza", un proyecto familiar dentro de la Reserva Nacional Pacaya Samiria, donde desde hace muchos años se cosecha Aguaje escalando y enseñaron a toda la comunidad a hacer lo mismo. También por haber tenido el placer de conocer a su hermosa familia, a Manuela y a sus bellos niños:

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**«ESTUDIO DE LA DINÁMICA Y ALMACENAMIENTO DE  
CARBONO EN LOS BOSQUES PANTANOSOS EN LOS RÍOS  
UCAYALI, MARAÑÓN Y TIGRE EN LA REGIÓN LORETO»**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL  
CECILIA LESLY BALLÓN FALCÓN**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

---

*María Isabel Manta Nolasco, Dra.  
Presidente*

---

*Carlos Augusto Reynel Rodríguez, Ph.D.  
Miembro*

---

*Gilberto Domínguez Torrejón, Dr.  
Miembro*

---

*Julio Cesar Alegre Orihuela, Ph.D.  
Asesor*

---

*Eurídice Nora Honorio Coronado, Dra.  
Co Asesora*

## ***DEDICATORIA***

*A mi madre Luz Marina y a mi abuela Marcela.*

*A la madre naturaleza y a sus amorosos hijos que  
la respetan y guardan.*

*A mis compatriotas del Perú profundo, por su  
fuerza de trabajo y calidad humana.*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis asesores, Julio Alegre O. y Eurídice Honorio C. y por sus revisiones y comentarios a lo largo del desarrollo de la investigación.

A Dennis Del Castillo T. y Ricardo Farroñay, director y administrador del Programa PROBOSQUES del IIAP respectivamente, por su colaboración en el presente estudio. Y a las instituciones IIAP y RAINFOR por la contribución

A Eurídice Honorio C., por el aporte científico en proporcionar datos de los primeros censos para las parcelas en estudio. A Frederick C. Draper por su apoyo en el análisis de carbono en el suelo en laboratorio.

Quiero agradecer a las personas que acompañaron la investigación en la fase de campo. Fue una gran experiencia en las turberas amazónicas y aguajales en particular: a Darcy Galeano (UNSAAC), Luisa Huaratapayro C. (UNAP) compañeros de campo. A los técnicos Hugo Vásquez V. y Julio Irarica P., los mejores acompañantes de campo que alguien pueda tener, por su gran energía, alegría, protección y conocimiento vivencial de los bosques de Loreto. También a nuestros amigos Jack Pacaya y Fredy Rodríguez.

A Chelsie L. Romulo y Rupesh K. Bhomia por permitirme ampliar mi experiencia, conocimiento técnico y socioeconómico de los Aguajales en Loreto, gracias a sus investigaciones.

A las personas que nos recibieron en sus comunidades, nos acogieron en su hogar y nos asistieron en campo en el C.P. Jenaro Herrera (río Ucayali), en C.N. Nueva York, C.P. Miraflores (río Tigre), a la C.N. Veinte de Enero (río Yanayacu Pucate) y muy especialmente en la Comunidad Nativa Parinari (río Marañón) a la Familia Flores Simón: Émilton, Heráclides y Einstein por habernos acogido calurosamente, habernos mostrado su gran labor en el manejo sostenible del Aguaje con el «Proyecto Esperanza», un proyecto familiar dentro de la Reserva Nacional Pacaya Samiria, donde desde hace muchos años se cosecha Aguaje

escalando y enseñaron a toda la comunidad a hacer lo mismo. También por haber tenido el placer de conocer a su hermosa familia, a Manuela y a sus bellos niños:

Maricela, Abdías, Miqueas, Mical y Abel, los cuales han nacido y crecido rodeados del bosque y en el respeto por la naturaleza.

A mi madre Luz Marina y a mi familia Falcón Guerra por el apoyo, cariño todo el tiempo que estuve lejos de ellos.

A mis amigos estudiantes y viajeros en Loreto: Vanessa Moreano R., David Aldana G. y Erika Morales R. por su aliento y compañía.

A Jhon Del Águila P., María Elena Rojas P., Eurídice Honorio y Tim Baker, amigos y consejeros para la culminación de la tesis, por conocer a sus bellas familias y por brindarme siempre su calurosa amistad. A Nicolás Baker y Victoria Del Águila por compartir conmigo sus primeros años de vida.

A Andrés y Jorge Siblesz, mi nueva familia.

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
2.1.	Los Pantanos y Turberas .....	5
2.1.1.	Turberas tropicales y amazónicas.....	6
2.1.2.	Las turberas en el ámbito de la RNPS.....	8
2.1.3.	El Bosque de Pantano de tipo Aguajal.....	9
2.1.4.	El Bosque de Pantano tipo Varillal hidromórfico.....	10
2.2.	El Suelo Orgánico de los Pantanos .....	11
2.2.1.	La turba.....	11
2.2.2.	Formación de turberas.....	12
2.2.3.	Muestreo en suelo de humedales y turberas.....	13
2.2.4.	Equipo de Colecta de suelo de turberas.....	14
2.2.5.	Densidad básica y carbono en el suelo de turberas.....	15
2.3.	Componentes de Descripción de los Bosques .....	16
2.3.1.	Composición florística y diversidad.....	16
a.	<i>Diversidad alfa</i> .....	16
2.3.2.	Estructura del bosque.....	16
b.	<i>Distribución diamétrica y altimétrica</i> .....	16
c.	<i>Índice de valor de importancia (IVI)</i> .....	17
2.4.	Dinámica Forestal .....	18
2.4.1.	Reclutamiento.....	18
2.4.2.	Mortalidad.....	19
2.4.3.	Crecimiento.....	19
2.4.4.	Parcelas permanentes.....	20
2.5.	Biomasa Forestal.....	20
2.5.1.	Flujo y <i>stock</i> de carbono.....	20

2.5.2. Ecuaciones alométricas.....	22
III. METODOLOGÍA.....	23
3.1. Área de Estudio.....	23
3.1.1. Fisiografía.....	23
3.1.2. Clima.....	24
3.1.3. Ecología.....	24
3.1.4. Hidrografía.....	25
3.1.5. Aspecto socioeconómico.....	25
3.1.6. Áreas de muestreo.....	27
3.2. Materiales y Equipos .....	31
3.3. Metodología de Campo.....	31
3.3.1. Establecimiento y medición de parcelas.....	31
3.3.2. Técnica de colecta de muestras de suelo.....	32
3.3.3. Identificación de muestras botánicas.....	35
3.4. Metodología de Evaluación de Suelo .....	35
3.4.1. Caracterización física del perfil del suelo.....	35
3.4.2. Densidad aparente del suelo.....	37
3.4.3. Concentración de carbono orgánico del suelo.....	37
3.4.4. Estimación del almacenamiento de carbono bajo del suelo.....	38
3.5. Metodología de Evaluación de Vegetación .....	39
3.5.1. Caracterización y clasificación del bosque.....	39
<i>a. Análisis de Diversidad alfa y Composición florística.....</i>	<i>39</i>
<i>b. Análisis de la Estructura del bosque .....</i>	<i>41</i>
3.5.2. Dinámica del bosque.....	42
<i>a. Tasa anual de mortalidad .....</i>	<i>42</i>
<i>b. Tasa anual de reclutamiento .....</i>	<i>43</i>
<i>c. Tasa de Recambio.....</i>	<i>43</i>

d.	<i>Tasa anual de crecimiento del área basal</i> .....	44
e.	<i>Corrección por variación del intervalo censal</i> .....	44
f.	<i>Incremento medio anual del área basal e incremento medio anual del diámetro de sobrevivientes</i> .....	45
3.5.3.	Estimación de biomasa aérea.....	46
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1.	Caracterización y Clasificación del Bosque de Pantano.....	48
4.1.1.	Análisis de la diversidad alfa y composición florística. ....	48
a.	<i>Parámetros dasométricos.</i> ....	48
b.	<i>Riqueza Florística.</i> .....	49
c.	<i>Cociente de mezcla.</i> .....	50
d.	<i>Diversidad florística.</i> .....	51
4.1.2.	Análisis de la Estructura del bosque.....	52
a.	<i>Distribución horizontal.</i> .....	52
b.	<i>Distribución altimétrica.</i> .....	53
c.	<i>Índice de valor de importancia y composición florística.</i> .....	55
4.1.3.	Clasificación de formaciones boscosas. ....	58
4.2.	Suelo Orgánico del Bosque de Pantano .....	60
4.2.1.	Caracterización física y profundidad del suelo orgánico.....	60
4.2.2.	Caracterización por densidad aparente y concentración de carbono.....	62
4.2.3.	Estimación del almacenamiento de carbono en el suelo. ....	68
4.3.	Estimación del Almacenamiento de Carbono Aéreo .....	71
4.4.	Dinámica del Bosque de Pantano .....	75
4.4.1.	Tasa anual de mortalidad de individuos. ....	75
4.4.2.	Tasa anual de reclutamiento de individuos.....	78
4.4.3.	Tasa de recambio de individuos. ....	80
4.4.4.	Tasa de mortalidad y reclutamiento por especie.....	81

4.4.5.	Crecimiento de área basal.....	84
4.4.6.	Crecimiento diamétrico por especie. ....	88
V.	CONCLUSIONES .....	91
VI.	RECOMENDACIONES.....	93
VII.	BIBLIOGRAFÍA .....	95
VIII.	ANEXOS .....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros de la construcción de base de datos de la Ec. pan tropical de Chave <i>et al.</i> (2014) .....	22
Tabla 2: Ubicación de parcelas permanentes de muestreo .....	29
Tabla 3: Tipo de formación e información de monitoreo de PPM.....	30
Tabla 5: Descripción de las capas de suelo orgánico encontrado.....	36
Tabla 4: Parámetros dasométricos de las parcelas de bosques de pantanos.....	49
Tabla 5: Resumen del índice de valor de importancia para los varillales hidromórficos	56
Tabla 6: Resumen del índice de valor de importancia para los aguajales .....	57
Tabla 7: Caracterización física del perfil del suelo orgánico cada 50 cm .....	61
Tabla 8: Resumen de los rangos de DA y %C del perfil del suelo orgánico .....	64
Tabla 9: Profundidad, densidad aparente y %C para los sitios en estudio. ....	67
Tabla 10: Resultados para profundidad, densidad aparente, concentración de carbono y carbono orgánico del suelo calculado por cada sección del perfil del suelo. ....	70
Tabla 11: Resumen del almacenamiento de carbono aéreo y carbono del suelo (COS)	72
Tabla 12: Datos comparativos de almacenamiento en carbono aéreo, del suelo y total para la zona de estudio.....	73
Tabla 13: Tabla comparativa de tasas de mortalidad .....	76
Tabla 14: Resultados de dinámica forestal de las parcelas permanentes. ....	77
Tabla 15: Cuadro comparativo de tasas de reclutamiento .....	78
Tabla 16: Resultados de tasas de reclutamiento y mortandad por especies. ....	82
Tabla 17: Cuadro comparativo de crecimiento en área basal .....	85
Tabla 18: Resultados de crecimiento en área basal de parcela.....	86
Tabla 19: Resultados de crecimiento en área basal de arboles.....	87
Tabla 20: Especies con mayor crecimiento diamétrico de sobrevivientes >4 mm/año..	89
Tabla 21: Especies con menor crecimiento diamétrico (< 2mm/año).....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de las parcelas permanentes de muestreo (PPM) en la cuenca Pastaza Marañón.....	28
Figura 2: Distribución de sub parcelas dentro de PPM .....	32
Figura 3: Barreno tipo ruso.....	33
Figura 4: Orden de colecta dentro del perfil del suelo orgánico .....	34
Figura 5: Distribución horizontal de las parcelas permanente de monitoreo .....	54
Figura 6: Distribución altimétrica para las parcelas permanente de monitoreo .....	54
Figura 7: Prueba estadística Análisis de correspondencia segmentado o DCA .....	59
Figura 8: Representación gráfica del material de composición y profundidad del perfil de suelo de las parcelas.....	60
Figura 9: Relación de densidad aparente y concentración de carbono por parcela.....	63
Figura 10: Distribución de la DA y %C en un Varillal hidromórfico. ....	65
Figura 11: Distribución de la DA y concentración de carbono en un Aguajal.....	65
Figura 12: Almacenamiento de carbono sobre el suelo y carbono orgánico del suelo de las parcelas incluido VEN01. ....	74

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Glosario.....	109
Anexo 2: Acrónimos.....	111
Anexo 3: Materiales y equipos de la investigación .....	113
Anexo 4: Composición florística de las parcelas permanentes .....	115
Anexo 5: Índice de Valor de Importancia (IVI) .....	127
Anexo 6: Determinaciones y números de colecta o <i>voucher</i> .....	132
Anexo 7: Distribución horizontal de los bosques de pantanos en los sitios de estudio	144
Anexo 8: Distribución altimétrica de los bosques de pantanos en los sitios de estudio	145
Anexo 9: Caracterización física del perfil del suelo del Varillal hidromórfico.....	146
Anexo 10: Caracterización física del perfil del suelo de las PPM en Aguajal .....	148
Anexo 11: Cálculos realizados por perfil de 50 cm en el muestreo del suelo orgánico	149
Anexo 12: Ecuaciones alométricas para palmeras .....	150
Anexo 13: Resumen de resultados obtenidos en crecimiento diamétrico (mm) .....	151
Anexo 14: Registro fotográfico de la colecta de datos en la PPM. ....	153
Anexo 15: Registro fotográfico del Varillal hidromórfico. ....	154
Anexo 16: Registro fotográfico de los Aguajales.....	155
Anexo 17: Fotos de la metodología de extracción de muestras del suelo orgánico .....	156
Anexo 18: Perfil fotográfico del suelo orgánico en la parcela JEN15 .....	157
Anexo 19: Perfil fotográfico del suelo orgánico en la parcela MIR03.....	158
Anexo 20: Perfil fotográfico del suelo orgánico en la parcela PAR01 .....	159
Anexo 21: Perfil fotográfico del suelo orgánico en la parcela JEN14.....	160
Anexo 22: Perfil fotográfico del suelo orgánico en la parcela NYO03. ....	161

## RESUMEN

En el Perú las turberas amazónicas se estiman almacenan 3,14(0,44–8,15) PgC, representando el 40% del carbono del país, y en el 3% del territorio de bosques (Draper *et al.*, 2014). En este estudio ampliamos el conocimiento de estas formaciones, en bosques pantanosos como Aguajales y Varillales hidromórficos en la región Loreto. Se evaluaron diez parcelas permanentes de 0,5ha con la metodología estandarizada RAINFOR. En cinco de estas parcelas, se evaluó el contenido de carbono del suelo orgánico (turba). La biomasa se estimó utilizando la ecuación pan-tropical de Chave *et al.* (2014). Se caracterizaron los suelos orgánicos y se estimó las reservas de carbono midiendo densidad aparente y el porcentaje de carbono total. Además, se evaluaron descriptores de diversidad, composición florística y estimadores de dinámica forestal. Se obtuvo similar área basal en las dos formaciones, 27,4 a 28,2 m<sup>2</sup>/ha. Solo en los Varillales hidromórficos se obtuvo alta densidad arbórea de 892–1074 ind/ha mayor a los Aguajales y a otras formaciones de llanura amazónica. Se obtuvieron bajos valores de riqueza y diversidad debido a la presencia de especies monoespecíficas donde *Mauritia flexuosa* es la especie ecológicamente más importante (130–185% del IVI) para Aguajales y *Pachita nitida* (58–126% del IVI) para Varillal hidromórficos. Encontramos que los bosques de pantanos contienen entre 641,74–2189,75 MgCha<sup>-1</sup>, sobre y debajo del suelo. Además, se ha encontrado que el Varillal hidromórfico es el ecosistema más denso en carbono con 2187,80–2189,75 MgCha<sup>-1</sup>, del cual el aproximadamente 90% es COS; estos presentan una profundidad promedio de turba de 4,50m, en contraposición con los Aguajales de 0,96m. Respecto a la dinámica forestal, para siete parcelas con periodo intercensal de 2,26–5,8 años, la tasa de mortalidad, reclutamiento y recambio de individuos presentan altos valores, entre 1,76–5,41%; 2,31–5,65% y 2,03–5% anual respectivamente.

**PALABRAS CLAVE:** composición florística, aguajal, suelos forestales, turba, carbono capturado, dinámica forestal.

## ABSTRACT

In Peru, Amazonian peatlands are estimated to store 3.14 (0.44–8.15) PgC, representing 40% of the country's carbon, and in 3% of the forested territory (Draper et al., 2014). In this study we expand the knowledge of these formations, in swampy forests such as hydromorphic Aguajales and Varillales in the Loreto region. Ten permanent plots of 0.5 ha were evaluated with the RAINFOR standardized methodology. In five of these plots, the carbon content of the organic soil (peat) was evaluated. Biomass was estimated using the pan-tropical equation of Chave et al. (2014). Organic soils were characterized and carbon reserves were estimated by measuring apparent density and the percentage of total carbon. In addition, diversity descriptors, floristic composition and estimators of forest dynamics were evaluated. A similar basal area was obtained in the two formations, 27.4 to 28.2 m<sup>2</sup>/ha. Only in the hydromorphic Varillales was a high tree density of 892–1074 ind/ha higher than the Aguajales and other formations of the Amazon plain. Low values of richness and diversity were obtained due to the presence of monospecific species where *Mauritia flexuosa* is the most ecologically important species (130–185% of the IVI) for Aguajales and *Pachita nitida* (58–126% of the IVI) for hydromorphic Varillal. We found that swamp forests contain between 641.74–2189.75 MgCha-1, above and below ground. Furthermore, the hydromorphic Varillal has been found to be the most carbon dense ecosystem with 2187.80–2189.75 MgCha-1, of which approximately 90% is SOC; these present an average peat depth of 4.50m, in contrast to the Aguajales of 0.96m. Regarding forest dynamics, for seven plots with an intercensal period of 2.26-5.8 years, the mortality, recruitment and turnover rate of individuals present high values, between 1.76-5.41%; 2.31–5.65% and 2.03–5% per year respectively.

**KEY WORDS:** floristic composition, swamp forest, forest soils, peat, carbon capture, forest dynamics.

## I. INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre el ciclo del carbono y su implicancia con el cambio climático son cada vez más relevantes dado su trascendente efecto a nivel global. Los bosques tropicales tienen un papel importante en la mitigación del cambio climático dado que absorben dióxido de carbono (un gas efecto invernadero o GEI) de la atmósfera y lo transforman en biomasa a través del proceso fotosintético. Esta facultad los convierte en importantes reservorios de carbono. En particular, el bosque tropical de la cuenca Amazónica – con 6 millones de km<sup>2</sup> de extensión – constituye una importante reserva de carbono de aproximadamente  $120 \pm 30$  Pg C (Malhi *et al.*, 2006). A pesar de ello, el bosque amazónico presenta amenazas climáticas y antropogénicas que alteran su capacidad de almacenamiento del carbono atmosférico. Los eventos extremos en el clima reportados tales como las sequías severas, afectan las reservas de carbono de estos bosques. Por ejemplo, durante la sequía que sufrió el río Amazonas en el 2005, la Red Amazónica de Inventarios Forestales (de siglas RAINFOR) a través de su red de monitoreo de la dinámica del bosque, registró un aumento en la tasa de mortalidad de los árboles en los bosques amazónicos, reduciendo el *stock* de carbono almacenado en la biomasa del bosque (Phillips *et al.*, 2009a). Asimismo, las actividades como el cambio del uso del suelo de bosques a agricultura, ganadería, minería, y los proyectos de infraestructura, hidrocarburos y energía contribuyen a incrementar la deforestación y a reducir la calidad del recurso forestal y los servicios ecosistémicos que estos proveen.

En la cuenca Amazónica, los bosques pantanosos son capaces de acumular grandes cantidades de carbono en el suelo orgánico denominado como turba. Estos ecosistemas presentan especies de árboles y palmeras tolerantes a suelos anegados o saturados de agua todo el año. Ocupan solo el 2,5 por ciento de la cuenca Amazónica (Ruokolainen *et al.*, citado por Page *et al.*, 2011) y el 4,7 por ciento del territorio peruano (MINAM, 2010) para Draper *et al.* (2014) 35 600 1088 km<sup>2</sup> y se estima almacenan 3,14 Pg C (Draper *et al.*, 2014) sobre y debajo del suelo.

En el Perú, las turberas más extensas ocurren en el norte de la Amazonía baja peruana, en bosques de pantanos o «Aguajales», dominadas por la palmera de «Aguaje» *Mauritia flexuosa* L.f. (Arecaceae), y los «Varillales hidromórficos», bosques poco diversos dominados por árboles de pequeño diámetro (Draper *et al.*, 2018; Bhomia *et al.*, 2018). Estos ecosistemas de turberas brindan productos de importancia económica, nutricional y para construcción para el poblador amazónico.

Sobre los servicios ecosistémicos que brindan, un estudio en Perú reportó que los bosques pantanosos, contienen una alta cantidad de carbono por unidad de área, alrededor de  $892 \pm 535 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Draper *et al.*, 2014). Se estima que en el suelo de estos bosques se encuentra almacenado en forma de turba el 90 por ciento del carbono orgánico total y solo el 10 por ciento se encuentran en la biomasa aérea (Draper *et al.*, 2014). Se estima que en la cuenca del Pastaza-Marañón en la región Loreto ( $21\,929 \text{ km}^2$ ) contiene 3,11 Pg C en el suelo y en la parte aérea, dicho *stock* es aproximadamente el 32 por ciento del carbono almacenado en las turberas de Sudamérica y el 3,5 por ciento de las turberas tropicales del mundo (Lähteenoja *et al.*, 2011). Su condición de reserva de carbono importante lo indica como crítico para estudios y monitoreo del ciclo de carbono y del cambio climático pues contribuyen significativamente al *stock* de carbono nacional. Sin embargo, a pesar de contener un importante *stock* de carbono, los bosques pantanosos han sido poco estudiados en el pasado, incrementando el interés por estos ecosistemas solo en los últimos 5 años (Draper *et al.*, 2018; Bhomia *et al.*, 2018, Kelly *et al.*, 2018); es decir existe una falta de información y escasos de datos en contraposición con los realizados en ecosistemas de tierra firme (Honorio & Baker, 2010). Así, indica Page *et al.* (2011) y Draper *et al.* (2014) que es importante un inventario exacto de las turberas tropicales para determinar las reservas de carbono y estimar la magnitud de la transferencia de GEI de la turba a la atmósfera resultado del cambio del uso de suelo.

Por lo anterior mencionado, es importante contar con programas de monitoreo y estudios del ciclo de carbono a largo plazo en distintos tipos de bosques Amazónicos, a fin de cuantificar posibles cambios y efectos del clima sobre estos. Asimismo, es necesario proveer información específica para la aplicación de futuras políticas a nivel gubernamental y acciones a nivel privado en temas de conservación y manejo de los recursos naturales y servicios ecosistémicos que proveen estos bosques.

El presente documento de tesis se realiza en marco del trabajo de investigación «Red de monitoreo de la biodiversidad y el carbono de los bosques de Loreto» del «Programa de investigación en manejo integral del bosque y servicios ambientales» (PROBOSQUES) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) y en alianza con RAINFOR. En este sentido, se ha instalado desde el año 2009 parcelas permanentes de muestreo en ecosistemas inundables y no inundables con el objetivo de hacer seguimiento de la dinámica de estos bosques y su potencial de sumidero de carbono y por la necesidad de conocimiento y comprensión de los procesos ecológicos dentro de la cuenca Amazónica. En la actualidad la red cuenta con 22 parcelas permanentes instaladas en diferentes periodos en distintos tipos de formaciones de bosques, ecosistemas inundados (restingas, tahuampas, aguajales, etc.) y no inundados: bosque de altura (tierra firme, Varillal de arena blanca). Estas parcelas son consideradas la base de una red regional de monitoreo de los cambios en los bosques Loretanos.

El presente documento busca aportar información científica a través del estudio de las reservas de carbono y la dinámica del bosque utilizando datos de parcelas permanentes de medición establecidas en bosques pantanosos en los ámbitos de los ríos Ucayali, Marañón y Tigre dentro de la cuenca del Pastaza-Marañón (Depresión de Ucamara). Se quiere responder las siguientes preguntas que ayuden a complementar la información para este tipo de formaciones: ¿Cuánto carbono está almacenado en los bosques pantanosos, sobre y debajo del suelo? ¿Los valores son similares a aquellos pantanos reportados anteriormente en Loreto? ¿Cuál es la dinámica del bosque en cuanto a tasas de mortalidad y reclutamiento de individuos? ¿Existen diferencias en la dinámica forestal y el almacenaje de carbono en los diferentes tipos de pantanos evaluados? ¿Existe relación entre la dinámica del bosque y la acumulación de turba? A continuación, se presenta el planteamiento de la investigación con los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

Contribuir al conocimiento sobre el almacenamiento de carbono y de la dinámica de los bosques pantanosos en la Amazonía Peruana.

**Objetivos específicos:**

- (1) Caracterizar florística y estructuralmente las formaciones de bosques pantanosos en los ríos Marañón, Tigre y Ucayali en la región Loreto.
- (2) Estimar el contenido de carbono almacenado sobre el suelo de las formaciones boscosas.
- (3) Caracterizar la turba almacenada y determinar el contenido de carbono del suelo de bosques pantanosos.
- (4) Determinar la dinámica estructural de las formaciones boscosas para dos periodos de evaluación.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Los Pantanos y Turberas

Para la convención internacional sobre humedales Ramsar (2002) los pantanos son incluidos en la categoría de humedales. Según Neiff *et al.* (2003) existen dos tipos de pantanos en función al origen de las aguas que abastecen; el pantano aluvial que es un humedal de una planicie de inundación con suelos consistentes en sedimentos finos que fueron depositados por un arroyo. Y el pantano ombrotáfico, turbera cuya única fuente de agua son las precipitaciones. Generalmente, la turba se acumula lo suficiente como para aislar las plantas de los nutrientes del agua y del estrato mineral subyacente. La superficie elevada es indicadora de lodo terciario. Por su parte Lahteenoja *et al.* (2011) utiliza el término minerotrfico para referirse al pantano aluvial.

De manera general, indica Ramsar (2002) que las turberas son ecosistemas con un depósito de turba que puede mantener actualmente una vegetación que forma turba, puede no mantenerla o puede carecer enteramente de vegetación. La turba está formada por restos vegetales descompuestos que se han acumulado in situ en condiciones de saturación de agua. Las turberas contribuyen a la diversidad biológica, a las cuestiones hidrológicas globales, a la retención mundial del carbono de importancia para los cambios climáticos, y a las funciones de los humedales que benefician a las comunidades humanas.

Los rasgos importantes de las turberas son los siguientes: a) carácter único del fenómeno de formación de la turba y de sus funciones ecológicas y de recursos naturales; b) dependencia de las turberas y los «mires» en relación con su hidrología e hidroquímica; c) interdependencia entre las turberas y los «mires» en relación con sus cuencas de captación y adyacentes; d) carácter único de su vegetación; e) suministro

de hábitat para especies particulares de fauna y de flora; f) funciones de regulación hídrica y efecto tampón; g) capacidad para regular los climas locales y regionales; h) capacidad de secuestrar el carbono de la atmósfera y almacenarlo durante largos períodos de tiempo; y i) capacidad de actuar como archivos geoquímicos y paleo-archivos.

Las turberas y los «mires» además de sus numerosos valores naturales tienen valores socioeconómicos importantes que comprenden, sin que la lista sea exhaustiva, la absorción y emisión de agua potable, el suministro de recursos naturales a las comunidades y los pueblos indígenas, la estabilización del paisaje, la mitigación de las inundaciones, la eliminación de sustancias contaminantes, el turismo y el recreo.

Las amenazas contra turberas y «mires» pueden originarse dentro y fuera de su zona y son las siguientes: a) amenazas directas como el drenaje y la conversión de tierras, las excavaciones, las quemas, el exceso de pastoreo, el abandono de la agricultura, y la presión de los visitantes y la explotación comercial; y b) amenazas indirectas, como la contaminación, una extracción excesiva de agua, la reducción de la extensión y calidad de las zonas tampón y el cambio climático.

Algunas turberas y «mires» que se han modificado pero que siguen siendo ecológicamente valiosas están sometidos a amenazas semejantes. Existen oportunidades para restaurar estas zonas. (Ramsar, 2006, p. 3)

### **2.1.1. Turberas tropicales y amazónicas.**

Page *et al.* (2006) estima que las turberas tropicales pueden cubrir hasta 150 000 km<sup>2</sup>, un área equivalente a la mitad de Finlandia, y alrededor del 75 por ciento del área cubierta por las turberas tropicales se encuentran en Indonesia. Las turberas amazónicas se encuentran en Los Andes y el bosque amazónico de países como Colombia, Bolivia, Brasil y Perú.

Las turberas amazónicas peruanas, especialmente en la Cuenca de los ríos Pastaza y marañón, forman un significativo almacén de carbono. Estas formaciones ocupan el cuatro por ciento del terreno nacional teniendo variaciones de tres tipos: pantano abierto, pantano

arbóreo dominado por palmeras (aguajales) y pantano arbóreo o varillal hidromórfico (Draper *et al.*, 2014).

La reserva total de carbono en las turberas tropicales está en el rango de 82-92 Pg, con 89 Pg de promedio. La reserva más grande se encuentra en el Sudeste Asiático (69 Pg, 77 por ciento del total) seguido por Suramérica (10 Pg; 11 por ciento), África (7 Pg; 8 por ciento), América Central and El Caribe (3 Pg; 3 por ciento) y Asia (otros) y la región Pacífico (<1 Pg; 1 por ciento combinado) (Page *et al.*, 2011).

En países del sureste asiático, donde las turberas ocupan un área significativa como Indonesia (10,8 por ciento) y Malasia (7,9 por ciento), estos ecosistemas tienen una proporción mayor de las reservas de carbono nacional. Asimismo, se estima que la reserva de carbono de los suelos de bosques en Indonesia (hasta los 100cm de profundidad) y la vegetación fue de 40 Pg, de los cuales el carbono del suelo cuenta con el 50 por ciento (p.e. 20 Pg); los valores para Malasia fueron de 10 Pg C (6 Pg en suelo más 4 Pg en biomasa) (Page *et al.*, 2011).

Kauffman y Donato (2012) indican que las reservas subterráneas constituyen más del 50 por ciento y a veces hasta el 90 por ciento de la reserva total de carbono en las turberas de ecosistemas de manglar. Según Draper (2014) y Bhomia (2018) ocurre de igual modo en los ecosistemas de aguajal en la amazonia peruana, siendo las reservas bajo el suelo el 90 por ciento del carbono total acumulado.

De otro lado, Page *et al.* (2011) indica que la degradación de turberas tropicales conlleva a la liberación de carbono y a la reducción del tamaño de sus almacenes. Aun así, existe una falta de información para algunos lugares en humedales formadores de turba y no formadores de turba. Esta evaluación enfatiza que las turberas tropicales tienen una de las más altas densidad de carbono de todos los ecosistemas terrestres. Por ello las políticas que promuevan la deforestación y degradación evitada, así como la recuperación y rehabilitación de las turberas pueden producir grandes beneficios financieros si son aplicadas a los bosques de pantano tropical de turba.

La experiencia de las turberas del sudeste asiático demuestra que la influencia humana excesiva en combinación con las sequías y fuegos pueden conllevar a la pérdida del hábitat de las turberas y convertir a estos valiosos ecosistemas, sumideros y almacenes de largo plazo en grandes fuentes de carbono. (Page *et al.*, 2011)

### **2.1.2. Las turberas en el ámbito de la RNPS.**

En el Perú, los bosques pantanosos ubicados en las terrazas bajas hidromórficas son áreas depresionadas que se inundan estacionalmente y que por su mal drenaje constituye un ambiente hidrófilo cenagoso (MINAM 2010). Los pantanos son de origen aluvial y cuyas características varían según factores como distanciamiento al río, elevación relativa e historia detallada de la geomorfología del terreno. Estas formaciones ocupan el cuatro por ciento del terreno nacional teniendo variaciones de tres tipos: pantano abierto, pantano arbóreo dominado por palmeras (Aguajales) y pantano arbóreo o Varillal hidromórfico (Draper *et al.* 2014). Lähteenoja y Roucoux (2010, p.27) indican que la formación de turba no fue determinada puramente por el clima. La iniciación de la turba puede ser controlada por la migración dinámica lateral de ríos amazónicos, caracterizados por meandros y avulsiones que tienen el potencial de erosionar y enterrar depósitos de turba.

Draper *et al.* (2014) y Lähteenoja *et al.* (2011b) han reportado formaciones de turba dentro de la cuenca del Pastaza Marañón en su estudio a través de imágenes satelitales y validación en campo. Draper, (2014) ha reportado el área total estimada de 35 600km<sup>2</sup> de las turberas en la cuenca del Pastaza Marañón, donde los aguajales representan el área mayoritaria (78 por ciento), seguido por los varillales hidromórficos (11 por ciento) y los pantanos abiertos (11 por ciento) comprendida en la Reserva Nacional Pacaya Samiria.

En el caso de Perú, y en la región Loreto determinó que la máxima profundidad de turba es de 5,9 m, el rango encontrado fue de 0,3–5,9 m con un promedio de 1,75 m Ruokolainen *et al.* (2001); Lähteenoja *et al.* (2009). Sin embargo, Lähteenoja en el 2011 reportó una profundidad de turba máxima de hasta 9m.

### 2.1.3. El Bosque de Pantano de tipo Aguajal.

Los Aguajales son un tipo de formación de bosques de pantanos denominados también como «Bosques de pantanos de palmeras de aguas negras». Estos son agrupaciones en altas densidades de la palma de «Aguaje» *Mauritia flexuosa* L.f. (Arecaceae) y con presencia en menor proporción de individuos de material leñoso.

Los aguajales crecen naturalmente sobre suelos encharcados o permanentemente inundados en grandes extensiones de la región amazónica y en los llanos del Orinoco (Neiff 2003). En el Perú, se encuentran principalmente en grandes depresiones como el Abanico del Pastaza y la de Ucamara en el departamento de Loreto, en el oriente del territorio nacional, también en los departamentos de Madre de Dios y Ucayali, cubriendo el 4,9 por ciento del territorio según el mapa de bosques húmedos de la Amazonia del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2012). Para las autoridades nacional el área de estudio está considerado con la denominación de «pantanos y aguajales» en el Mapa de vegetación 2010 (MINAM, 2010).

Los aguajales son alimentados por el agua de los ríos en la creciente (época de lluvias). Este tipo de bosque tiene gran importancia ecológica y económica. Especies reportadas en aguajales tenemos a *Mauritiella aculeata* «Aguajillo», *Euterpe precatoria* «Huasaí», *Oenocarpus bataua* «Ungurahui», *Oenocarpus mapora*, etc. (MINAM, 2010). Así también, Kahn & Mejia (1990) al evaluar parcelas de una hectárea de aguajal encontraron 11 especies, dentro de éstas cuatro representaban el 90,2 de la comunidad de palmeras (debajo de 1m de altura): *Mauritia flexuosa* (54,5 por ciento); *Geonoma acaulis* (21,3 por ciento); *Oenocarpus mapora* (10,2 por ciento); y *Euterpe precatoria* (4,2 por ciento). El dosel de esta comunidad de palmeras es esencialmente compuesto de copas de *Mauritia flexuosa*. Incluye (Kalliola *et al.*, 1991) que esta palmera puede llegar hasta 25 m, las plantas juveniles y adultas de aguaje dominan el sotobosque y el dosel, respectivamente. Por otro lado, podemos encontrar especies arbóreas asociadas de los géneros *Ficus* (Moraceae), *Symphonia* (Clusiaceae) y *Virola* (Myristicaceae).

La densidad de palmeras sobre 10m de altura es alto, con 207 individuos por hectárea. El área basal de las palmeras representa el 55 por ciento del área basal total (31,11m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>), con

336 troncos, incluyendo 230 *M. flexuosa* (138 adultos y 92 troncos juveniles) (Kahn & Mejia, 1990).

Adicionalmente, indica (Gutiérrez 2002) que estos bosques sirven de refugio y brindan alimentos para la fauna silvestre. *Mauritia f.* desempeña un papel importante en la compleja cadena alimentaria del bosque tropical, provee frutos, polen, néctar, etc. a abejas, escarabajos, y otros que le ayudan al proceso de dispersión; por su parte, los frutos atraen a aves (*Ara spp.*), los cuales nidifican en los tallos de la palmera después que la planta ha muerto; mamíferos (*Agouti spp.*, *Dasiprocta spp.*, *Tayassu spp.*, etc.), primates (*Cebus spp.*) e indica (Del castillo, *et al.*, 2006, p. 22) que también para la sachavaca (*Tapirus terrestris*) y peces; además de ser utilizado en la dieta alimenticia por comunidades nativas y campesinas.

Como dato adicional indica (Gutiérrez 2002) que «Aguajal», el nombre local de este bosque de pantano se deriva de «Aguaje», el nombre local de la palmera. La cercana relación de *Mauritia f.* con el agua fue sugerido por un comentario de Spruce (1871) la opinión y vasta superstición a través de la amazonia y Guyana, es que *Mauritia f.* tiene el poder de atraer agua a sí misma no importa donde sea plantada.

#### **2.1.4. El Bosque de Pantano tipo Varillal hidromórfico.**

Por otro lado, el Varillal hidromórfico es una formación pantanosa dentro de la llanura aluvial donde se tiene un bosque con predominancia de especies leñosas de pequeño diámetro. Generalmente son pocas especies que dominan el área basal y la presencia de palmeras es escasa. Son usualmente encontradas como zonas transicionales, pueden también presentarse en pequeños ríos y zonas inter fluviales con poco drenaje, tienen una fisionomía particular. Kalliola *et al.* (1991) lo indicaba como una formación transicional entre aguajales y bosques. Para Kelly *et al.* (2017) menciona que son ecosistemas que representan la sucesión tardía de un pantano, según el estudio paleo ecológico realizado en el sitio San Jorge, Loreto. También se acuñó el término de *pole forest* o bosque de varillas por Draper *et al.* (2014). Se distinguen de los muy conocidos varillales de arena blanca dentro de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana en Loreto, ya que presentan un bajo pH, gran acumulación de material

orgánica y la presencia de algunos individuos de *M. flexuosa* indicando alta saturación de agua.

## **2.2. El Suelo Orgánico de los Pantanos**

### **2.2.1. La turba.**

Los restos vegetales que caen periódicamente al suelo son la fuente principal de materia orgánica en los suelos con vegetación permanente (bosques). La descomposición de la hojarasca en los suelos forestales implica la desaparición más o menos rápida de la materia prima vegetal, que de manera general se divide mecánicamente, siendo mezclada y enterrada bajo el suelo, por la actividad de determinados organismos y es atacada rápidamente en este medio por bacterias y hongos. En medios poco activos –muy ácidos y con hojarasca poco degradable– se necesitan varios años para la descomposición total, superponiéndose al horizonte mineral un horizonte orgánico de materiales parcialmente descompuestos –humus mor– (Bonneau, 1987 citado por Labrador, 2009, p. 4).

La turba se forma de la materia orgánica depositada por el bosque, sus constituyentes son la fracción «viva» y «no viva» de la materia orgánica. La biomasa macro y microbiana edáfica y las raíces de las plantas pertenecen a la fracción «viva». Y la fracción «no viva» constituye la mayoría de la MO del suelo, más del 95 por ciento de la misma (Labrador 2009, p. 6).

Según Menéndez (2012), la formación de turba constituye la primera etapa del proceso por el que la vegetación se transforma en carbón mineral. Se forma como resultado de la putrefacción y carbonificación parcial de la vegetación en el agua ácida de las turberas (pantanos, marismas y humedales). La formación de una turbera es generalmente lenta como consecuencia de una escasa actividad microbiana, debida a la acidez del agua o la baja concentración de oxígeno. El paso de los años va produciendo una acumulación de turba que puede alcanzar varios metros de espesor, a un ritmo de crecimiento que se calcula de entre medio metro y diez centímetros cada cien años. En estado fresco alcanza hasta un 98 por ciento de humedad, pero una vez desecada puede usarse como combustible. También puede ser usada en jardinería como abonos orgánicos para mejorar suelos por capacidad de retención de agua.

Asimismo, el mismo autor menciona que, la turba es un material orgánico compacto, de color pardo oscuro y rico en carbono, formado por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron. De otro lado, Neiff (2003, p. 59) lo define como un material no consolidado que consiste en materia orgánica sin descomponer o sólo levemente descompuesta, en condiciones de humedad excesiva, hábitats más o menos inundados, de pantano (turba alcalina) y de ciénaga (turba ácida). Freitas (2006) agrega que es un material orgánico acumulado en zonas pantanosas que presentan saturación de agua en el suelo. Debido a este carácter anaeróbico y a la baja disponibilidad de nutrientes, la descomposición de la biomasa es lenta, las existencias del carbono en este tipo de formación aumentan en forma continua. La composición de la turba es de 59 por ciento de Carbono, 6 por ciento de Hidrógeno, 33 por ciento Oxígeno, 2 por ciento de Nitrógeno y 60 por ciento materias volátiles. Al respecto, Page *et al.* (2011) la define como la capa de materia orgánica acumulada de 40 cm o más que contiene más del 30 por ciento de materia orgánica en sitios cenagosos. Indica también que es importante conocer la definición de turba y es fundamental denotar que no todos los inventarios/investigaciones de turberas siguen esta definición, y hay inconsistencias en la información disponible al respecto. Es por ello que en este estudio se trata de indicar varias definiciones de la turba para diferentes autores.

### **2.2.2. Formación de turberas.**

Las turberas son áreas donde se forma turba en el suelo, acumulan carbono debido que la producción de plantas es más rápida que la descomposición, permitiendo así la formación de turba, que es un material vegetal parcialmente descompuesto. Estas pueden ser de diferentes tipos de formación vegetal, desde zonas con dominancia de herbáceas, arbustos, así como densos bosques. Estas turberas son de condición ácida presentando niveles de pH de 3,5 a 4,5 y se pueden clasificar por su tipo de origen en ombrotrofico (formados por agua de lluvia) y minerotrofico (formados por ríos o lagunas) (Lähteenoja *et al.*, 2009a).

Asimismo, según Lähteenoja *et al.* (2009b) las turberas amazónicas están en su mayoría situadas en las llanuras de inundación de los ríos. Así, los aguajales y varillales hidromórficos tienen la capacidad de formar turba. De manera similar ocurre en las «tahuampas» (bosque estacionalmente inundable) y los pantanos abiertos.

El mismo autor indica que, la formación de turba no es determinada únicamente por el clima. La iniciación de turba puede ser controlada por la migración lateral dinámica del oeste por ríos amazónicos, caracterizado por meandros y avulsiones (Kalliola *et al.*, 1992), que tienen el potencial de erosionarse y enterrar depósitos de turba. Es así que la acumulación de turba probablemente comenzó cuando un área con condiciones anegadas fue aislada de la influencia destructiva inmediata de los ríos.

Asimismo, Lähteenoja (2009a) muestra que las turberas minerotróficas y ombrotólicas se pueden detectar en las llanuras aluviales de la Amazonia. Los pantanos ombrotólicos pobres en nutrientes reciben nutrientes solo de la deposición atmosférica debido a su gruesa capa de turba y topografía convexa, mientras que los pantanos minerotróficos son periódicamente cubiertos por aguas de inundación ricas en nutrientes y / o reciben aportes de nutrientes de las aguas superficiales o subterráneas con aumento capilar. Esto se determinó a través de la distribución horizontal de cuatro nutrientes importantes para las plantas (Ca, Mg, K y P), la distribución vertical de estos nutrientes y topografía del depósito de turba. La existencia de tales turberas en las tierras bajas amazónicas aumenta el hábitat regional diversidad y disponibilidad de información paleoecológica y probablemente tiene implicaciones también para la dinámica hidrológica, calidad del agua y dinámica del carbono del área.

El sistema alimentado por agua subterránea a uno alimentado por la lluvia afecta las propiedades del ecosistema de manera drástica y, en consecuencia, la variación de los pantanos ombrotólicos y los pantanos minerotróficos en las tierras bajas amazónicas contribuye a la diversidad del ecosistema regional (Lähteenoja *et al.*, 2009a).

### **2.2.3. Muestreo en suelo de humedales y turberas.**

Según Kauffman *et al.* (2012, p.20) muchos estudios de bosques terrestres limitan su muestreo a 30 cm cercanos a la superficie, ya que la mayoría del carbono en el suelo se encuentra en los primeros horizontes y son estos los más vulnerables al cambio de uso del suelo; sin embargo, el cambio de uso del suelo y el cambio climático afectaran las capas más profundas, como en el caso de manglares (humedales de agua salada formadores de turba). Así también existen procesos antrópicos que pueden afectar suelos profundos de distintos tipos de turberas. Por lo tanto, recomienda muestrear por lo menos los primeros 100 cm de

suelo en sitios con suelos de más de un metro de profundidad. Asimismo, en caso de suelos más profundos es recomendable tomar una muestra por metro de suelo.

Los suelos orgánicos de humedales son diferentes de suelos minerales de *terra firme*, y con frecuencia son difíciles de coleccionar dada la alta saturación del suelo. No hay una sola metodología ni dispositivo de muestreo únicos para la recolección de suelos, ya que los suelos varían tanto en el contenido mineral y profundidad. Para medir de forma adecuada las reservas de carbono en el suelo, deben considerarse tres parámetros: 1) profundidad del suelo, 2) densidad, y 3) concentración de carbono orgánico. La profundidad del material parental se suele medir con una varilla de bambú, probeta de aluminio, u otro dispositivo que permite reportarla profundidad orgánica del suelo alcanzado.

#### **2.2.4. Equipo de Colecta de suelo de turberas.**

Para obtener muestras del suelo para medir la densidad y el contenido de carbono es necesario tener un equipo que permita obtener una muestra poco perturbada. Pueden usarse barrenos especializados para suelos orgánicos. Uno de los tipos de muestreadores usados son los *corer*, sacatestigos o barrenos de tipo ruso que son aparatos telescópicos que se insertan en sitios con condiciones de saturación como pantanos y manglares, donde un perfil necesita ser tomado en una posición cerrada. Dadas las dificultades y los costos asociados con el muestreo de suelos, el objetivo es recoger el número mínimo de muestras necesarias para proporcionar una evaluación precisa de las piscinas de carbono. (Kauffman *et al.*, 2012, p.20). Este equipo de muestreo de perfiles de suelo es de ingreso vertical, de muestreo lateral, que colecta de la superficie a hacia abajo a una específica profundidad. Es una caja colectora adherida a varas; está compuesta por (1) un barreno de tubo de acero inoxidable (2) varas de extensión de aluminio de 40 pulgadas de largo y 1 pulgadas de diámetro (3) un manubrio girador de acero inoxidable (4) una base y punta de un polímero de termoplástico que tiene un alto módulo de elasticidad, así como dureza y resistencia a la abrasión y que imposibilidad de ser degradado por la humedad (EPA, 1999, p.8).

El barreno de turba tipo ruso es insertado manualmente en el suelo en la posición inicial, el tubo nucleador es girado 180 grados en sentido horario hasta que el cuchillo limite cubra el plato colector. Este procedimiento permite que el límite de la cuchilla del barreno gire y

longitudinalmente corte los sedimentos, colectando un semicilindro de 5 cm de diámetro. La resistencia dada por el sedimento mantiene el plato estacionariamente, permitiendo que el barreno gire. El plato también provee de soporte así el material colectado es retenido dentro. Este equipo puede ser operado por una persona (EPA, 1999, p.8).

### **2.2.5. Densidad básica y carbono en el suelo de turberas.**

La densidad aparente de la turba es la masa seca de un volumen estándar de un material de campo (lo sólido sumado a los espacios porosos y el agua) que ha sido secado hasta lograr un peso constante a 80°C y es expresado usualmente en gramos por centímetro cúbico ( $\text{g cm}^{-3}$ ) o en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg m}^{-3}$ ). La densidad aparente depende del grado de compactación de la turba, el contenido de humedad, las plantas de las cuales ha sido formada, el grado de descomposición de la turba, el contenido mineral de la turba y el uso del suelo. Los métodos usados para medir densidad aparente y la manera que esto es expresado (p.e. Densidad aparente seca o húmeda) son importantes consideraciones cuando se compara información de diferentes autoridades y entre países (Page *et al.*, 2011).

La concentración de carbono en la turba es usualmente expresada como una fracción del peso seco de la turba (50 por ciento). Valores publicados en la literatura han sido determinados por diferentes métodos que han cambiado en el tiempo y se han convertido en más automatizados y sofisticados (Page *et al.*, 2011).

Desafortunadamente, existe poca información publicada en relación con la densidad aparente y concentraciones de carbono para turberas tropicales y además esas variables varían espacialmente sobre la superficie y a diferentes profundidades dentro de los perfiles de la turba. La mayoría de los valores de densidad aparente en la literatura son de la superficie o sub superficie de las turberas amazónicas a un máximo de profundidad de 100 cm, pero la mayor parte sobre los 50 cm o menos. Además, la densidad aparente es usualmente alta en la superficie comparada con el resto de la superficie sin embargo los valores más altos usualmente se obtienen en el fondo de las muestras de turba, cerca de la subyacente al suelo mineral, en donde el contenido de materia orgánica es el más bajo y el contenido mineral es el más alto. Es probablemente cierto decir que densidad aparente bajas están asociadas con altos contenido de carbono (p.e. más muestras orgánicas) y viceversa;

densidad aparente altas están asociadas con altos contenidos minerales y bajos contenido de carbono (Page *et al.*, 2011).

## **2.3. Componentes de Descripción de los Bosques**

### **2.3.1. Composición florística y diversidad.**

La composición florística incluye los parámetros de: familias, géneros y especies más abundantes, especies endémicas, familias y géneros monoespecíficos, especies mono individuales, los nuevos registros departamentales y el análisis de agrupamiento o Cluster (De Rutte y Reynel, 2016). La composición florística de un bosque está determinada por factores ambientales como el clima, altitud, precipitación, suelo y topografía, así como también por la dinámica del bosque y la ecología de sus especies (Louman *et al.*, 2001).

#### ***a. Diversidad alfa.***

Es el número de especies observables en una localización dada, dentro de una misma comunidad (Reynel, 2013). Abarca dos variables importantes: (1) la riqueza de especies, y (2) la abundancia relativa de especies (Carmona-Galindo y Carmona, 2013). Los parámetros asociados a la diversidad alfa son: número de individuos por hectárea, número de especies por hectárea, número de familias y géneros botánicos, cociente de mezcla, curva especie-área, diversidad de familias y géneros, y los índices de diversidad, equidad y dominancia (De Rutte y Reynel, 2016).

### **2.3.2. Estructura del bosque.**

#### ***b. Distribución diamétrica y altimétrica.***

En la distribución diamétrica, se usan histogramas de frecuencias y con el fin de hacer comparables los resultados y de acuerdo a las recomendaciones internacionales sobre normalización, se fijó en el presente trabajo un intervalo de clase igual a 10 cm indica Rollet

(1974) citado por Freitas (1996a). En el caso de la distribución altimétrica, se fijó un intervalo de clase de cinco metros.

*c. Índice de valor de importancia (IVI).*

Fue creado por Curtis y McIntosh (1951), y mide el peso ecológico de cada especie, dentro del tipo de bosque correspondiente. Este es calculado a partir de la suma de abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa. Lamprecht (1990), define las siguientes variables utilizadas para el análisis de la información de la siguiente manera:

La abundancia es el número de árboles por especie. Se distingue entre abundancia absoluta (número de individuos por especie) y abundancia relativa (proporción porcentual de cada especie en el número total de árboles).

La frecuencia es la existencia o la falta de una especie en una determinada área de evaluación. La frecuencia absoluta se expresa en porcentaje (100 por ciento se indica para la existencia de la especie en toda el área evaluada), mientras que la frecuencia relativa de una especie se calcula como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies del área evaluada.

La dominancia es el grado de cobertura de las especies, como expresión del espacio ocupado por ellas. Se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo. La suma de las proyecciones de las copas de todos los individuos de una especie determina su dominancia. A causa de la estructura vertical compleja de los bosques tropicales, la determinación de las proyecciones de las copas resulta en extremo complicada, trabajosa y en algunos casos imposible de realizar. Por ello, se emplean las áreas basales, calculadas como sustituto de los verdaderos valores de dominancia. La dominancia absoluta de una especie es definida como la suma de las áreas basales individuales, expresadas en m<sup>2</sup>. La dominancia relativa se calcula como la proporción de una especie en el área basal total evaluada.

## **2.4. Dinámica Forestal**

Entre los procesos de dinámica del bosque tropical se pueden encontrar: cambios en la estructura del bosque, cambios en la composición florística, cambios en la biomasa, tasa de mortalidad, reclutamiento y de recambio de árboles. Es importante la comparación y estimación con descriptores fundamentales de la dinámica del bosque para obtener un entendimiento de los procesos que controlan el desarrollo de la vegetación y examinar la interacción de las condiciones de sitio y la vegetación en el tiempo a fin de desarrollar generalizaciones acerca de patrones en tiempo y en espacio e inferir sus causas subyacentes de estos cambios ocurridos (Kalliola *et al.*, 1991; Lewis *et al.*, 2004).

El conocimiento de la mortalidad arbórea como mecanismo de funcionamiento de los ecosistemas boscosos es fundamental en la formación de modelos que permitan la generación de estrategias de manejo sostenible y su conservación. La mortalidad de los árboles ocurre en diferentes escalas de intensidad, espacio y tiempo, siendo el reflejo tanto de procesos endógenos (muerte de los individuos), como de disturbios exógenos (inundaciones, sequías, etc.) (Quesada *et al.*, 2012). De otro lado, indican al reclutamiento como la capacidad que tiene el bosque para incrementar el número de individuos y es una manifestación de la fecundidad de las especies, crecimiento y sobrevivencia de los individuos juveniles. Desde el punto de vista silvicultural, el reclutamiento mide el número de individuos que anualmente sobrepasan el límite inferior de medición para una distribución de categorías de tamaño. El reclutamiento, junto con la mortalidad, constituyen uno de los aspectos más importantes de la dinámica de una población (Londoño y Jiménez, citado por Quesada 2012).

### **2.4.1. Reclutamiento.**

El reclutamiento es el aumento en el número de individuos, árboles, arbustos y otras plantas, en un área de bosque, y es una manifestación de la fecundidad de las especies, del nivel de crecimiento y sobrevivencia de los individuos juveniles. Constituye uno de los aspectos dinámicos más importantes de una población. Se calcula a partir del número total de árboles que alcanzaron un DAP mayor o igual a 10 cm en un periodo de tiempo determinado (Swaine *et al.*, 1987).

### **2.4.2. Mortalidad.**

De acuerdo con Lugo y Scatena (1996), la mortalidad de los árboles ocurre en diferentes escalas de intensidad, de espacio y de tiempo, y es el reflejo de procesos endógenos (como senescencia) y de disturbios exógenos (lluvia y erosión del suelo con sus diferentes niveles de severidad, frecuencia, duración, escala espacial y puntos de interacción con el ecosistema). Según estos autores se pueden precisar cuatro causas fundamentales de mortalidad en los árboles: la primera se debe a procesos endógenos, genéticamente dados, que condicionan la senescencia. La segunda se presenta por la acción de sustancias tóxicas, agentes patógenos, parásitos o consumidores y puede ser súbita o gradual, y ocurrir local o masivamente. La tercera, es ocasionada por cambios en el ambiente que reducen o eliminan una entrada necesaria de materia o energía. Y la cuarta causa se presenta cuando un bosque es impactado mecánica o químicamente por una fuerza externa (ejemplo: un huracán, un incendio, un derrame de petróleo, un deslizamiento, entre otros). Cada causa tiene diferente periodicidad y frecuencia, y opera en escala espacial distinta (Aguilar y Reynel 2009).

### **2.4.3. Crecimiento.**

Louman (2001) define el crecimiento de un árbol como su aumento de tamaño en el tiempo. Se puede expresar en términos de altura, área basal o volumen. A la magnitud del crecimiento se denomina incremento. Todo crecimiento implica un estado inicial mensurable y cambios en ese estado con el paso del tiempo. En dicho contexto, se define lo siguiente: incremento total (diferencia entre un estado en un momento dado y el estado inicial), incremento corriente anual (incremento del último año de medición, ICA), incremento medio anual (promedio por año desde el año 0, IMA), o periódico anual (promedio por año durante un cierto periodo, IPA), o incremento relativo (en porcentaje del tamaño total promedio entre el comienzo y final del periodo de medición del crecimiento IR). Hartshorn (1980), señala que los árboles pioneros como *Cecropia spp.* (Moraceae), *Ochroma lagopus* (Bombacaceae), *Trema micrantha* (Ulmaceae) crecen rápidamente en los bosques secundarios tempranos, pero los árboles de los bosques maduros crecen con extrema lentitud. Estos bosques presentan ritmos de crecimiento desiguales, por ello, se puede tomar varios cientos de años para que la sucesión de bosque secundario temprano a bosque maduro se produzca.

#### **2.4.4. Parcelas permanentes**

Una parcela de muestreo permanente se establece con la intención de que se mantenga indefinidamente en el bosque. Su adecuada demarcación permite la ubicación exacta de sus límites y puntos de referencia a través del tiempo, así como la de cada planta ubicada en su interior, para efectuar observaciones periódicas (Aguilar y Reynel 2009). El objetivo primordial de las parcelas permanentes es el estudio de la dinámica poblacional de las plantas de un bosque tropical en condiciones naturales. La Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR) dispone de un manual en el que se hallan los procedimientos para el establecimiento y remediación de parcelas que se desarrollaron durante sus trabajos de campo en el norte del Perú, Bolivia y Ecuador. Asimismo, Phillips y Baker (2006) señalan que la metodología de RAINFOR se basa en la utilización de Parcelas Permanentes de Muestreo a largo plazo para monitorear la biomasa, la dinámica del bosque y relacionar esta observación con el suelo y el clima en la región de bosque amazónico (Buttgenbach 2012). De otro lado, Antón y Reynel (2004) afirman que las iniciativas desarrolladas por la investigación de bosques amazónicos en el Perú han empleado las parcelas permanentes para la descripción de la composición florística. En las áreas de estudio de la FCF-UNALM localizadas en Jenaro Herrera (Loreto) y el Fundo La Génova (Junín), se han empleado también con fines de enseñanza, tomando la denominación de «Arboretum». Camacho (2000), citado por Louman (2001), define la Parcela Permanente de Medición como un sitio permanente demarcado y periódicamente medido con el objetivo de identificar, describir y cuantificar los procesos dinámicos del bosque. La meta de los esfuerzos de investigación en las parcelas permanentes es el desarrollo de modelos cuantitativos que permitan organizar los conocimientos de una manera lógica y estimar el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones.

### **2.5. Biomasa Forestal**

#### **2.5.1. Flujo y *stock* de carbono.**

Indica Honorio y Baker (2010) que el ciclo del carbono es el proceso de intercambio del elemento entre la biosfera, geósfera, hidrósfera y atmósfera de la tierra. Los conocimientos sobre este proceso posibilitan entender la respuesta de los bosques a los cambios ambientales

y a la intervención humana. Así mismo, el flujo y el *stock* del carbono son elementos importantes de distinguir dentro del ciclo. El *stock* es el carbono almacenado en distintos componentes del bosque y el flujo, son aquellos procesos que afectan al *stock* (p.e. fotosíntesis, respiración, mortalidad y descomposición). La siguiente ecuación permite calcular la biomasa final.

Ecuación 01 
$$B_2 = B_1 + P - M$$

Donde:  $B_2$  = Biomasa final;  $B_1$  = Biomasa inicial;  $P$  = Productividad;  $M$  = Mortalidad.

Respecto a la biomasa, podemos diferenciar a los ecosistemas como sumideros o fuentes de carbono. Un área es denominada sumidero si la cantidad de carbono aumenta con el tiempo. Por otro lado, un área de bosque es considerada como una fuente de carbono cuando el *stock* disminuye en el tiempo. Es importante su evaluación en distintas áreas y/o formaciones ecológicas a fin de comprender y analizar el efecto de los eventos climáticos sobre los bosques y si estos sufren cambios en el tiempo.

Existen actualmente muchos métodos de evaluación de flujos y *stock* de carbono. La metodología utilizada por RAINFOR, descrita en el «Manual de Campo para el Establecimiento y la Remedición de Parcelas»(Phillips *et al.*, 2016) comprende el uso de parcelas permanentes de medición a largo plazo para monitorear la biomasa, la dinámica del bosque y relacionar las observaciones con el suelo y el clima en la región amazónica. Uno de los puntos importantes para esta red es la estandarización de protocolos para el desarrollo del inventario forestal a fin de obtener consistencia en la toma de los datos.

Cuando se cuantifica el *stock* de un bosque muestreamos: a) la biomasa viva almacenada en las hojas, las ramas, el fuste y las raíces; b) la necromasa almacenada en la hojarasca y la madera muerta; y c) el carbono en la materia orgánica del suelo. En el caso de los flujos del carbono en el bosque, se muestrea: a) la fotosíntesis de las hojas, b) la respiración autotrófica (p.e. árbol) y heterotrófica (p.e. hojarasca, madera muerta, suelo); c) la mortalidad de troncos, ramas, hojas y raíces; y d) la descomposición de la madera y la hojarasca causada por los organismos degradadores. De otro lado, el incremento neto en la biomasa debido a la fotosíntesis, excluyendo el carbono utilizado en la respiración se

denomina productividad primaria neta, y se cuantifica midiendo el crecimiento del fuste y la producción de ramas, hojas y raíces (Honorio & Baker, 2010).

### 2.5.2. Ecuaciones alométricas.

Las ecuaciones alométricas se obtiene a partir de la relación entre el diámetro de la copa, volumen de la copa, área de la copa y/o del diámetro del tronco (variables independientes) y la biomasa aérea (variable dependiente). Para realizar ecuaciones alométricas se necesitan de 15 a 25 árboles de cada especie en cuestión, incluyendo árboles desde su estado de plántulas hasta la madurez; estos árboles tienen que ser cosechados, secados y pesados. Sería de gran utilidad desarrollar ecuaciones similares para otras regiones (Kauffman y Donato 2012).

Asimismo, estas nos ayudan a estimar de forma práctica volúmenes a través de parámetros ya registrados con anterioridad. Chave *et al.* (2014) utiliza restricciones paramétricas, que se muestra en la Tabla 1: Detalles respecto a la construcción de la base de datos.

**Tabla 1: Parámetros de la construcción de base de datos de la ecuación pan tropical de Chave *et al.* (2014)**

Variable	Significado	Unidad	Rango	Promedio
D	Diámetro a la altura del pecho	cm	(5-212)	23,98
H	Altura total del árbol	m	(1,20 – 70,7)	16.04
$\rho$	Densidad aparente específica	$\text{g/cm}^3$	(0,09 – 1,20)	0,633
$\rho \times D^2 \times H$		$\text{g/cm}^3 \times \text{cm}^2 \times \text{m}$	(18,2 – 1,20 $10^6$ )	22290
AGB	Biomasa sobre el suelo	kg	(1,23 – 76060)	1134

*Nota:* Descripción de las variables que se incluyen en la base de datos (n = 4004). Fuente: Chave *et al.* (2014)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Área de Estudio**

El área de estudio está comprendida por bosques pantanosos ubicados en el ámbito de los ríos Ucayali, Marañón y Tigre en la cuenca del Marañón–Pastaza en la denominada Depresión de Ucamarca, región Loreto, amazonia peruana.

Denominada por Reynel *et al.* (2013) como «Bosques inundables de la bajura del río Amazonas», el abanico del Pastaza y la Depresión de Ucamarca, se ubican entre los ríos corrientes y Morona, comprendiendo territorios hasta el río Ucayali entre altitudes de 110 a 300 m. Estos bosques situados en áreas inundables se caracterizan por el anegamiento durante varios meses del año incluyendo entre otros a bosques inundables de riberas, pantanos, zonas pantanosas con empozamiento de aguas permanentes, como las Cochabambas, lagunas meándricas abandonadas por la dinámica de los ríos y también los Aguajales. Las especies adaptadas a estos medios limitantes son relativamente pocas y distintivas. La cubierta vegetal es densa o semi densa, y la altura del dosel puede fluctuar entre 5 a 25m de altura. MINAM (2010) estima la extensión de Aguajales y Pantanos en la Amazonía peruana en 6 060 000 has.

##### **3.1.1. Fisiografía.**

El área de estudio es parte de la llanura amazonia, la elevación del área está entre 90 y 130 m sobre el nivel del mar (Marengo, 1998). Esta fisiografía puede determinar los tipos de bosques, dada la elevación y consecuente nivel de inundación.

### 3.1.2. Clima.

El clima es cálido y húmedo con temperatura media anual es aproximadamente de 27°C con un promedio diario mínima de 20–22 °C, y una máxima de 29–31 °C (Marengo 1998). Las precipitaciones se presentan durante todo el año con una precipitación media anual de 3087 mm (Marengo, 1998), la humedad relativa del aire es de 84 por ciento, con ligeras variaciones, y tiene una estación seca entre junio y septiembre.

### 3.1.3. Ecología.

Indica Reynel *et al.* (2013) que en los boques inundables de bajura y áreas hidromórficas, el componente predominante suelen ser las palmeras. Se pueden mencionar dentro de las más notables el «Aguaje» *Mauitia flexuosa*, «Unguahui» *Oenocarpus bataua*, «Pijuayo» *Bactris gasipaes*, las palmas de chambira del género *Astrocaryum*, la «Huacrapona» *Socratea exorrhiza* y «Cashapona» *Iriartea deltoidea*. Acompañando esta vegetación se observan árboles de *Ficus* (Moráceas), *Cecropia spp.*, *Pourouma spp.*, *Coussapoa spp.* (Cecropiáceas), *Ceiba spp.* (Bombacáceas), *Symphonia spp.*, *Clusia spp.*, *Caraipa spp.* (Clusiáceas), *Aspidosperma spp.* (Apocináceas) y *Carapa spp.* (Meliáceas).

También indica Reynel *et al.* (2013) que existe una Fauna silvestre característica de los medios hidromórficos; Mamíferos como el «Ronsoco» *Hydrochaeris hydrochaeris*, Reptiles como el «Lagarto negro» *Melanosuchus niger*; una diversidad de ofidios como la «Boa» *Boa constrictor*, y una variedad de serpientes venenosas; Tortugas como la «Taricaya» *Podocnemis unifilis*, y la «mata-mata» *Chelus fimbriatus*; varias 115 especies de ranas arbóreas del género *Dendrobates*, y dentro de los peces, las notables anguilas eléctricas *Electrophorus electricus*. Destacan también aves visibles en los Aguajales, como garzas de los géneros *Ardea*, *Tigrisoma*, *Zebrilus*, la «chiroca del Aguaje» *Icterus chrysocephalus*, Guacamayos y Tucanes.

Indica Del Castillo *et al.*, (2006, p. 8) que en especial los frutos de los aguajes tienen una importancia primordial en la base de las cadenas alimentarias de los trópicos, y muchas especies de fauna silvestre –especialmente ungulados, monos y varias especies de peces– dependen, en gran medida del fruto del aguaje. Por ejemplo, Estudios realizados en la

Reserva Nacional Pacaya-Samiria indican que el 76 por ciento de la dieta de la sachavaca (*Tapirus terrestris*), el ungulado más grande de la Amazonía, proviene de los frutos del aguaje.

#### **3.1.4. Hidrografía.**

El área de estudio pertenece a la cuenta del Pastaza Marañón. El sistema este compuesto por ríos, lagunas, cochas. Los ríos principales son Ucayali, Marañón y Tigre, ahí tiene efluentes por los cuales se ingresan a las áreas de estudio como el Yanayacu Pucate dentro de Reserva Nacional Pacaya Samiria.

#### **3.1.5. Aspecto socioeconómico.**

Las áreas pobladas aledañas a los sitios muestreados son categorizadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú, con la categoría de centro poblado rural (entre 500 a dos mil habitantes) para «Jenaro Herrera» y «Miraflores»; y como comunidades nativas a «Veinte de Enero», «Parinari» y «Nueva York». Esta distinción es en base a la cantidad de pobladores que radican en dicho poblado y por autodeterminación de los pobladores en base a sus características culturales.

Las comunidades «bosquesinas» asentadas en las riberas de los ríos peruanos amazónicos tienen componentes socioculturales particulares. El poblador amazónico se sustenta principalmente de la recolección directa de recursos naturales del bosque para uso y/o consumo. Es así que mayoría tiene labores de auto sustento, un porcentaje menor se dedica a los cargos de autoridades dentro de su comunidad, otros del trabajo en el pequeño comercio local y otros del trabajo ocasional en empresas de extracción de petróleo u otras entidades externas a los que le brindan servicios ocasionalmente. Otros pobladores, muchos no radicados o foráneos, se dedican a cargos locales en el sector público para el gobierno, salud y educación.

Las actividades que realizan los pobladores como actividades de auto sustento son la agricultura, la pesca, la caza, la recolección de frutos del bosque y actividad maderera. Los productos de consumo en la agricultura son el plátano, yuca, arroz, maíz. Productos

recolectados del bosque son: frutos el «aguaje» (*Mauritia flexuosa*), frutos de «Pijuayo» (*Bactris gasipaes*), corazón de «Huasaí» (*Euterpe precatoria*), frutos de «Ungurahui» (*Oenocarpus bataua*), estípite de «Cashapona» (*Iriartea deltoidea*) para construcción y hojas de palmeras para techos, ramas de lianas, tintes, exudaciones, insectos, plantas medicinales, entre otros. Productos de la caza son: «sajino», «tapir», «majaz», «quirquincho», monos, pavas, tortugas, entre otros. Productos de la pesca: «Doncella», «Fasaco»; árboles, productos del bosque son la madera de *Hura crepitans* «Catahua», *Cedrela odorata* «Cedro», *Ceiba pentandra* «Lupuna». Entre los productos cultivados encontramos: coco, mango, sandía, sacha-culantro. Muy pocas personas se dedican a la artesanía. Existen algunas experiencias de personas plantando Aguaje, cacao, ajíes amazónicos, pero son experiencias aisladas.

Es resaltante la pobreza económica de la zona. Existe una problemática particular en el caso de los bosques de pantanos de Aguaje. Muchos bosques de Aguajales están siendo degradados por la tala selectiva de los «Aguajes hembras», lo cual hace que la calidad genética de las poblaciones disminuya ya que se talan los mejores individuos para la comercialización de sus frutos y los que quedan en pie son aquellos con características poco deseables y de poco valor comercial. Los Aguajales visitados intervenidos tienen poco porcentaje de hembras y se ha podido evidenciar que muchos lugares han sido ampliamente talados, yaciendo en el suelo del bosque los troncos o estípite de los Aguajes. Esta problemática, pasa por los consumidores, comerciantes y cosechadores/recolectores de los frutos. Los cosechadores talan con hacha pues es el método conocido y seguro para ellos, la escalada del Aguaje lo consideran peligrosa, que requiere de capacitación e implementos de los cuales carecen, pero sobre todo indican que no es parte de su cultura (Rómulo *et al.*, 2022).

El fruto de Aguaje tiene alto valor comercial en las ciudades como Iquitos y Yurimaguas. Estos son los dos principales mercados que tienen los recolectores y comercializadores intermediarios para vender el producto; de los frutos se extrae la pulpa, la cual procesada puede ser utilizada para productos comestibles en helados y bebidas, puede ser directamente consumido como fruto y también es utilizado de manera industrial en la extracción de aceite y la pulverización del mismo para hacer harina. La mayor cantidad de la extracción va para consumo directo como fruto, el cual es expandido en las esquinas de las ciudades. Se estima

que al día se ingieren en la capital de la región Loreto aproximadamente 50 toneladas, es decir 1500 toneladas mensuales (Del castillo *et al.*, 2006), para este continuo flujo y abastecimiento del mercado en diferentes épocas, el producto viene de distintas cuencas: Marañón, Ucayali, Tigre, Morona, Itaya.

### **3.1.6. Áreas de muestreo.**

Para la presente investigación se evaluaron 10 parcelas permanentes que presentan las dos formaciones en estudio: Aguajal y Varillal hidromórfico ubicadas en seis distintas localidades. Estos sitios forman parte de la «Red de monitoreo de la biodiversidad y el carbono de los bosques de Loreto» de PROBOSQUES del IIAP, en convenio con RAINFOR. Los cuales fueron previamente seleccionados para el monitoreo del bosque y la evaluación de cambios en la biomasa, tras haberse identificado y catalogados como formaciones de interés por la formación de turba (ver Mapa de Lähteenoja *et al.*, 2009a).

Para la selección previa de los sitios los investigadores usaron cuatro criterios indicados por Lähteenoja (2011a): (1) habilidad de definir el sitio como un humedal, y así su potencial como turbera, en base a su distintiva reflectancia comparado con el bosque no inundable, (2) Accesibilidad a los sitios con razonable cantidad de tiempo y esfuerzo, (3) representación entre los sitios con un amplio rango de firmas espectrales si fuera posible y por eso con mucha más diversidad de potencial de tipo de ecosistema de turbera si fuera posible, visualmente observado con diferentes tonos de rojo, violera, azul, anaranjado, y turquesa en la longitud de onda de infra rojo cercano (bandas 4, 5 y 7) y (4) representación de un área geográfica grande si fuera posible.

El acceso a los sitios de estudio fue desde la ciudad de Iquitos, pasando por la ciudad de Nauta vía carretera Iquitos-Nauta (98 Km), desde donde se viaja vía fluvial por el río Marañón hacia la comunidad nativa de «Veinte de Enero» en el Río Yanayacu- Pucate, y a la comunidad nativa de «Parinari», ambas dentro de la Reserva Nacional Pacaya Samiria. Viajando por el río Ucayali se accedió al centro poblado «Jenaro Herrera». Desde ahí accedimos a la parcela JEN14 ubicada dentro de la RNPS; mientras que tuvimos que viajar por el río Tigre para acceder el centro poblado «Miraflores» y a la comunidad nativa de «Nueva York».

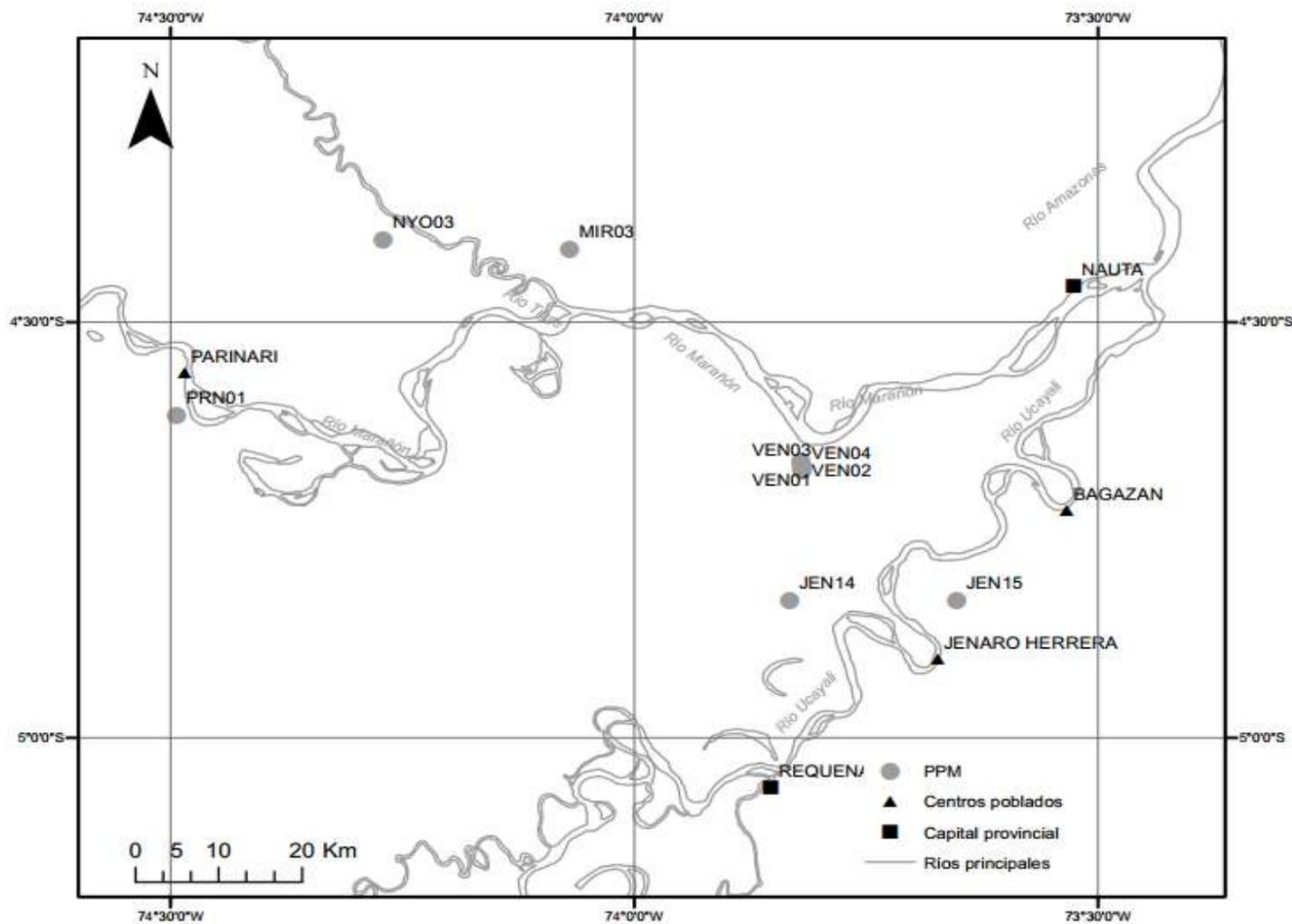


Figura 1: Ubicación de las parcelas permanentes de muestreo (PPM) en la cuenca Pastaza Marañón.

**Tabla 2: Ubicación de parcelas permanentes de muestreo**

N	Cód. parcela	Coord. UTM		Río de acceso	Cuenca	Área Natural Protegida	Ubicación Política			
		X	Y				Provincia	Distrito	Categoría	Nombre
1	JEN14	629452	9465386	Cocha Iricahua	Ucayali	R.N. Pacaya-Samiria	Requena	Jenaro Herrera	Centro poblado urbano	Jenaro Herrera
2	JEN15	649448	9465355	Quebrada Sapuena	Ucayali	Fuera de ANP	Requena	Jenaro Herrera	Centro poblado urbano	Jenaro Herrera
3	VEN01	630843	9483961	Río Yanayacu Pucate	Marañón	R.N. Pacaya-Samiria	Loreto	Nauta	Comunidad Nativa	Veinte de Enero
4	VEN02	630964	9483457	Río Yanayacu Pucate	Marañón	R.N. Pacaya-Samiria	Loreto	Nauta	Comunidad Nativa	Veinte de Enero
5	VEN03	630968	9483062	Río Yanayacu Pucate	Marañón	R.N. Pacaya-Samiria	Loreto	Nauta	Comunidad Nativa	Veinte de Enero
6	VEN04	630979	9482773	Río Yanayacu Pucate	Marañón	R.N. Pacaya-Samiria	Loreto	Nauta	Comunidad Nativa	Veinte de Enero
7	VEN05	631053	9481992	Río Yanayacu Pucate	Marañón	R.N. Pacaya-Samiria	Loreto	Nauta	Comunidad Nativa	Veinte de Enero
8	MIF03	603229	9512213	Río Tigre	Tigre	Fuera de ANP	Loreto	Nauta	Centro poblado rural	Miraflores
9	NYO03	580871	9513483	Quebrada Supay	Tigre	Fuera de ANP	Loreto	Tigre	Comunidad Nativa	Nueva York
10	PRN01	556164	9490119	Quebrada Parinari	Marañón	R.N. Pacaya-Samiria	Loreto	Parinari	Comunidad Nativa	Parinari

**Tabla 3: Tipo de formación e información de monitoreo de parcelas permanentes de muestreo**

N	Cód. parcela	Nombre de Parcela	Río de ubicación	Establecimiento (Censo1)	Medición de turba	Remediación (Censo 2)	Tipo de formación
1	JEN14	Jenaro Herrera 14, Cocha Iricahua	Ucayali	2009	2014	2014	Aguajal
2	JEN15	Jenaro Herrera 15, Quebrada Sapuena	Ucayali	2009	2014	2014	Aguajal
3	VEN01	Veinte de Enero 01, Yanayacu pucate	Marañón	2009	2012	2014	Aguajal
4	VEN02	Veinte de Enero 02, Yanayacu pucate	Marañón	2009	2012	2014	Aguajal
5	VEN03	Veinte de Enero 03, Yanayacu pucate	Marañón	2012	2012	2014	Aguajal
6	VEN04	Veinte de Enero 04, Yanayacu pucate	Marañón	2012	2012	2014	Aguajal
7	VEN05	Veinte de Enero 05, Yanayacu pucate	Marañón	2012	2012	2014	Aguajal
8	MIF03	Miraflores 03	Tigre	2014	2014	-	Varillal hidromorfico
9	NYO03	Nueva York 03, Quebrada Supay	Tigre	2014	2014	-	Varillal hidromorfico
10	PRN01	Parinari 03, Quebrada Parinari	Marañón	2014	2014	-	Aguajal

### **3.2. Materiales y Equipos**

El listado de Materiales y equipos están indicados en el Anexo 3.

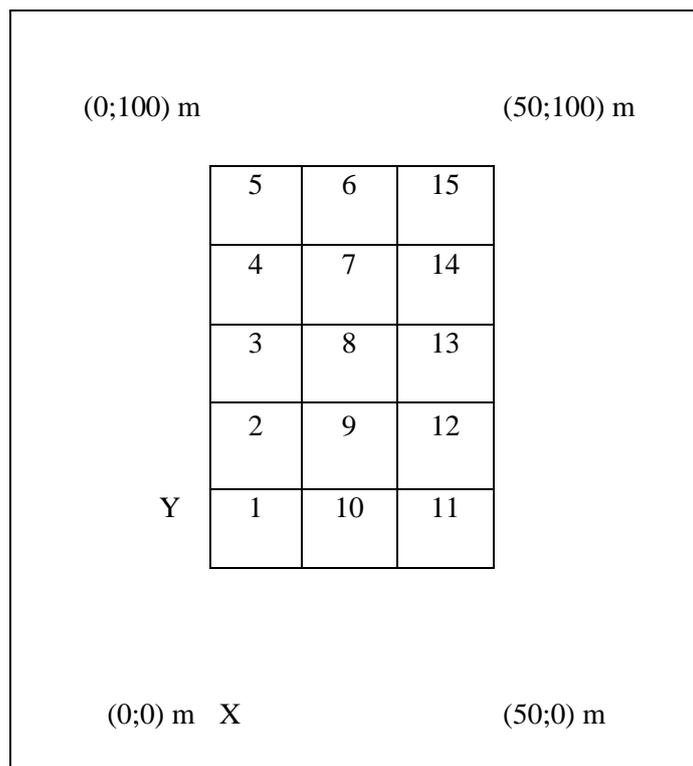
### **3.3. Metodología de Campo**

#### **3.3.1. Establecimiento y medición de parcelas.**

Se establecieron parcelas permanentes de muestreo (PPM) en los sitios de estudio. Se siguió el protocolo de instalación y remediación de la Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR) (Phillips, O. y Baker, T., 2006).

El proceso de instalación se inició con la delimitación y georreferenciación de parcelas rectangulares de 0,5 hectáreas (dimensiones 100 x 50m) (Honorio y Baker, 2010); dentro de ellas se ubicaron 15 subparcelas de 20 x 20m y 10 x 20m (ver Figura2). Los parámetros dasométricos importantes evaluados fueron la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP a 1,30 m de altura del suelo) de todos los árboles  $\geq 10\text{cm}$  se realizó con una cinta diamétrica en un punto de medida sin alteraciones por protuberancias u otras. Para la medición de la altura de árboles se seleccionaron al azar diez individuos por clase diamétrica; y en palmeras se midió la altura del estúpido y altura total de todos los individuos usando un clinómetro. (Goodman *et al.*, 2013).

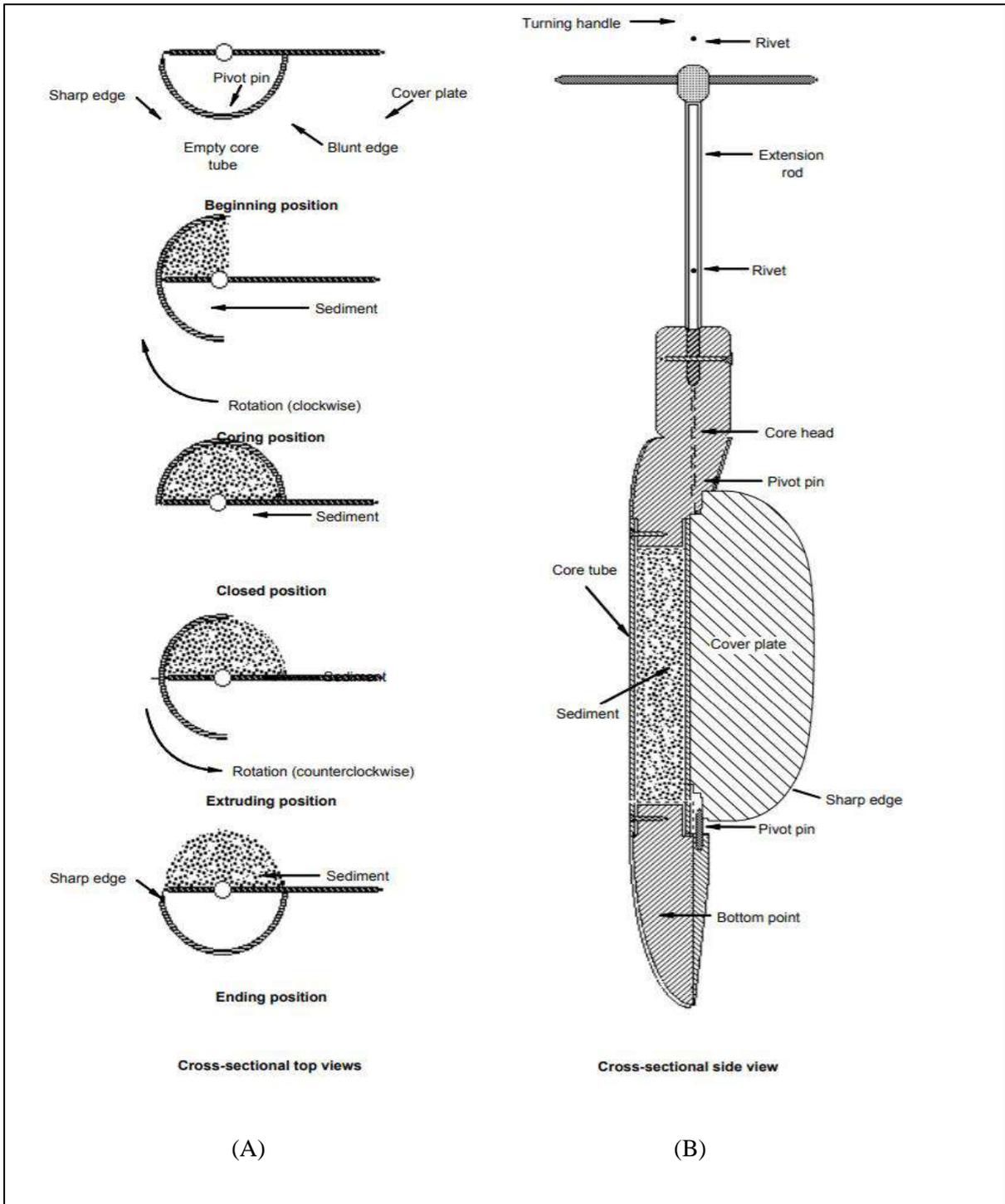
En el caso de las PPM ya instaladas se procedió con la remediación (segundo censo), siguiendo el protocolo anteriormente mencionado. La metodología es similar a la usada para en la primera evaluación, incluyendo en esta a los individuos que ingresan al monitoreo con DAP igual o mayor a 10 cm (denominados «reclutas»); y así también se registró a los individuos de la primera evaluación que ya no se encuentren más en la parcela (denominados «muertos»). Así, se obtuvo los datos para el análisis de cambios del bosque (respecto a los parámetros de la dinámica del bosque basados en su propia metodología de evaluación mencionadas más adelante).



**Figura 2: Distribución de sub parcelas dentro de PPM**

### 3.3.2. Técnica de colecta de muestras de suelo.

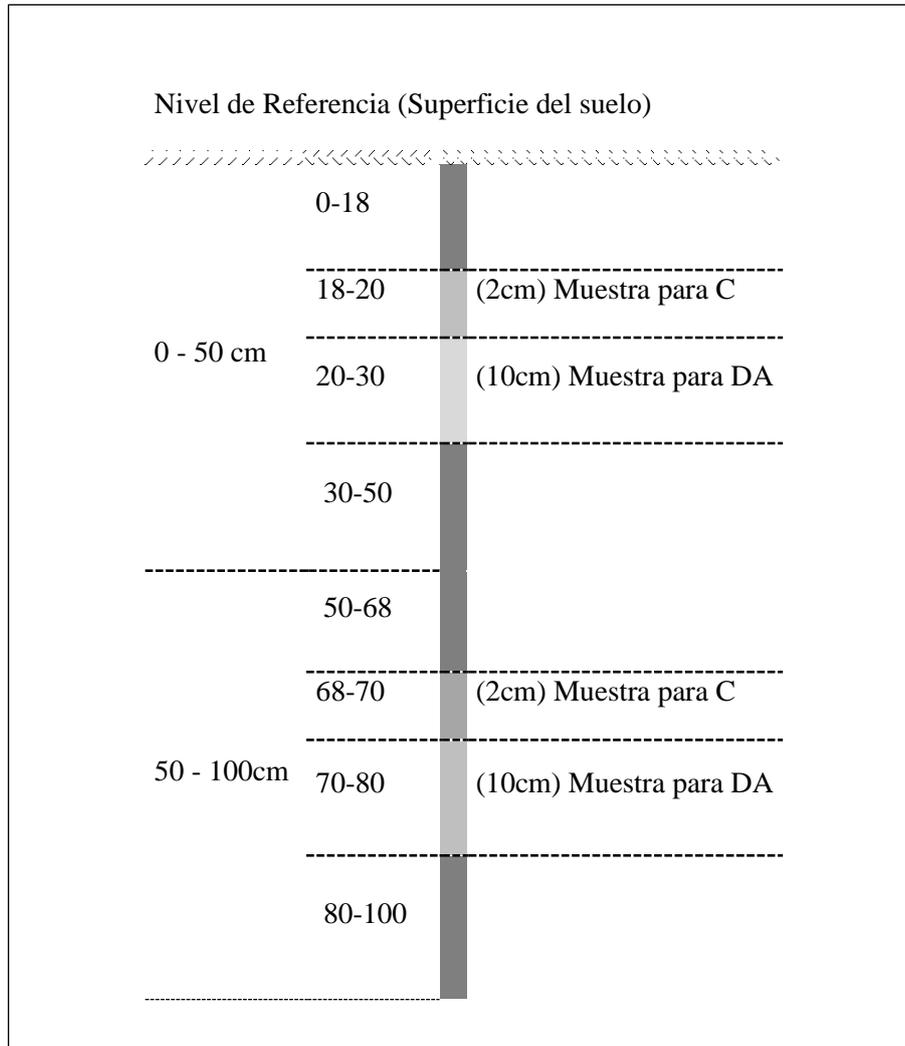
En cinco parcelas permanentes de muestreo (PPM en adelante) se realizaron colectas para estudio de suelo. Se extrajeron muestras en el centro de las tres sub parcelas (1; 8 y 15). La extracción de muestras se realizó cada 50 cm a lo largo del perfil del suelo con el uso de un barreno ruso (*Russian Flag Peat Corer*, Jowsey 1965). Los *corer*, barreno o nucleadores de tipo ruso son aparatos telescópicos que se insertan en sitios con condiciones de saturación como pantanos y manglares, donde un perfil necesita ser tomado en una posición cerrada. Ellos se giran para tomar una muestra inalterada de 50cm de largo por 5cm de diámetro, con forma de medio cilindro (Figura 3). De cada sección de 50 cm se tomó una porción de 10 cm lineales (98,175 cm<sup>3</sup>) en la sección 20 a 30cm (desde la superficie del suelo) para el análisis de la densidad aparente y se tomó otra porción de 2cm lineales (20 cm<sup>3</sup> aproximadamente) en la sección de 18 a 20cm para análisis de concentración de carbono orgánico; se siguió hasta llegar al suelo mineral.



**Figura 3: Barreno tipo ruso**

*Nota:* (A) Vista desde arriba de corte de sección. (B) Corte de sección vista de lado. Fuente: (EPA, 1999, p. 9)

Asimismo, se registró la profundidad del suelo orgánico alcanzado, las coordenadas relativas del punto de muestreo (con respecto al 0,0 de la parcela), se fotografió cada perfil de suelo extraído y fueron anotadas observaciones de las características relevantes del perfil para su posterior caracterización. Finalmente, las muestras fueron rotuladas y almacenadas en bolsas plásticas de cierre hermético para su posterior procesamiento en el laboratorio.



**Figura 4: Orden de colecta dentro del perfil del suelo orgánico**

*Nota:* se indica la profundidad de colecta de muestras para evaluación de carbono y para densidad aparente. Cada porción es representativa de la profundidad donde se encuentra.

### **3.3.3. Identificación de muestras botánicas.**

Para la colecta e identificación de especímenes de las parcelas permanentes de muestreo también se siguió el protocolo RAINFOR. En la instalación de parcelas se colectó el 100 por ciento de las especies reportadas, mientras que para las parcelas permanentes remedidas solo se procedió a la colecta de los individuos denominados «reclutas». Posteriormente, en gabinete se procedió a la codificación de los *vouchers* (codificación numérica correspondiente a la colecta), número de colección, datos de la colección y separación por familias. Fueron secados preservados y se encuentran depositados en el Herbario Herrerense del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (HH-IIAP). Las muestras vegetativas fueron determinadas por el equipo de campaña: Luisa Huaratapairo, Darcy Galeano y Cecilia Ballón bajo supervisión de Eurídice Honorio, utilizando bibliografía taxonómica mediante comparación con el material de herbarios físicos y virtuales y material de referencia colectado en otras parcelas de pantanos. El material de referencia utilizado se encuentra depositado también en el Herbario Herrerense y fueron identificadas por botánicos locales como Luis Torres, Eurídice Honorio y Ricardo Zarate utilizando bibliografía y material del Herbario Amazonense. Las muestras siguen siendo trabajadas a través del proyecto MONANPERU que busca la estandarización de los nombres científicos en las parcelas permanentes del Perú. A través de dicho proyecto, se trasladaron duplicados de las especies al herbario del Jardín Botánico de Missouri en Oxapampa, Pasco (HOXA).

## **3.4. Metodología de Evaluación de Suelo**

### **3.4.1. Caracterización física del perfil del suelo.**

La descripción del perfil de suelo de los sitios en estudio se realizó a partir de la observación de las muestras en campo en condición fresca. La caracterización del suelo implicó la descripción en términos cualitativos como cuantitativos. Se utilizó descriptores cualitativos como: (i) material de composición, (ii) nivel de descomposición, (iii) coloración y (iv) presencia de raíces, se utilizó una tabla de valores indicada en la Tabla 8 propuesta por este estudio y adaptada de una tipificación realizada por Lähteenoja *et al.* (2011a). De igual manera, se utilizó los descriptores cuantitativos para caracterizar el perfil del suelo de las

parcelas y formaciones encontradas, con los parámetros: (i) profundidad de la turba, (ii) densidad aparente y (iii) concentración de carbono.

**Tabla 4: Descripción de las capas de suelo orgánico encontrado**

	Material del perfil del suelo				
	A	B	C	D	E
Imagen de referencia					
Material de composición	MO	MO/Turba	MO/ Turba	Turba Arcillosa	Arcilla
Nivel de descomposición	Baja	Media	Alta	Alta	No MO
Coloración	Marrón rojizo	Marrón	Marrón oscuro	Marrón grisáceo	Gris

Dada la clasificación indicada en la Tabla 3 los parámetros de descripción de las capas de suelo orgánico encontrado en turberas, se puede distinguir cinco capas a lo largo del perfil del suelo orgánico.

- Capa A: capa superficial de material orgánico de coloración rojiza y material vegetal aun distinguible de hojarasca de baja descomposición; textura gruesa al tacto, alta presencia de raíces neumatóforos.
- Capa B: capa de material orgánico de nivel de descomposición medio, de coloración marrón; presencia de raíces degradadas.
- Capa C: capa de material orgánico de alta descomposición y coloración marrón oscura casi negro; textura similar al limo, sin presencia de raíces.
- Capa D: la turba arcillosa, mezcla entre turba y arcilla (zona de transición).
- Capa E: Arcilla, suelo mineral.

### 3.4.2. Densidad aparente del suelo.

Posterior a la colecta en campo, las muestras de suelo destinadas a determinar la densidad aparente fueron llevadas a estufa a 102°C de temperatura por un periodo de tres días hasta conseguir un peso constante (la temperatura elevada es para eliminar por evaporación la mayor cantidad de agua en la muestra).

El volumen de la muestra de suelo fue exactamente 98,175 cm<sup>3</sup>, proveniente de los 10 cm de altura por cinco cm de diámetro del *corer* ruso utilizado. Con el peso seco (g) y el volumen (cm<sup>3</sup>) de la muestra se determinó la densidad aparente (g. cm<sup>-3</sup>) a partir de la Ecuación 2. El procedimiento se realizó en el Laboratorio de Química del IIAP de Quistococha, en la ciudad de Iquitos y en el Laboratorio de Suelos de la UNALM en la ciudad de Lima.

$$\text{Ecuación 02} \quad \text{Densidad Aparente (g. cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{masa seca (g)}}{\text{volumen de la muestra (cm}^3\text{)}}$$

### 3.4.3. Concentración de carbono orgánico del suelo.

En laboratorio se determinó el porcentaje de carbono orgánico (%CO) en la muestra de 20 cm<sup>3</sup> de volumen (2 cm lineales del muestreador) para cada 50 cm perfil de la turba. El procesamiento inicia con el secado al horno a 40°C de temperatura por 24 horas; cabe mencionar que el control de la temperatura fue con la finalidad de evitar la exposición a temperaturas superiores a 60°C, lo que causaría la degradación del carbono orgánico en la muestra.

Posteriormente al secado, cada muestra fue pulverizada utilizando un molino *micro ball*; de lo obtenido se pesó solo 4mg de polvo homogéneo, lo cual fue utilizado para cuantificar el carbono contenido en la muestra con el uso del analizador automático *Elementar microcube* que cuantifica el contenido de C/N mediante el método de combustión seca. El análisis de cuantificación de carbono fue realizado en el laboratorio del Departamento de Geografía en la Universidad de Leeds en Reino Unido. Para análisis comparativos entre las muestras se usó el estadístico coeficiente de determinación R<sup>2</sup> entre formaciones.

### 3.4.4. Estimación del almacenamiento de carbono bajo del suelo.

Se requieren cuatro variables para estimar la cantidad de carbono almacenado bajo el suelo para cada sitio de muestreo: (a) profundidad del suelo, (b) densidad aparente del suelo, (c) área de muestreo y (d) concentración de carbono en el suelo. La cantidad de carbono total se estimó usando la siguiente fórmula adaptada de Page *et al.* (2011):

$$\text{Ecuación 03} \quad \text{COS} = P_p \times \rho_p \times C_p \times A_p / 10^2$$

Donde:

COS: almacenamiento total de carbono orgánico del suelo de la parcela (Mg C ha<sup>-1</sup>)

P<sub>p</sub>: profundidad del suelo orgánico (m)

ρ<sub>p</sub>: densidad aparente seca (g.cm<sup>-3</sup>)

C<sub>p</sub>: concentración de carbono expresado en porcentaje de la masa del carbono en el suelo

A<sub>p</sub>: área de la parcela evaluada (m<sup>2</sup>).

Para realizar la estimación del carbono orgánico del suelo, asumimos que los valores de densidad y carbono de cada muestra son representativos a la profundidad de turba tomados. Por lo tanto, utilizando los criterios de Kauffman *et al.* (2012), se sumamos los contenidos de carbono almacenado a lo largo del perfil, es decir de todas las muestras tomadas a intervalos de 50 cm. Se utilizó para esto la Ecuación 04, que es una variación de la Ecuación 03:

$$\text{Ecuación 04} \quad \text{COS} = \sum_{i=1}^{pi} \text{prom}(\rho)_i \times \text{prom}C_i \times P_i \times A_i$$

Donde:

COS: almacenamiento total de carbono orgánico del suelo en la parcela (MgC ha<sup>-1</sup>)

P<sub>i</sub>: la profundidad del perfil del suelo (m)

$prom(\rho)_i$ : densidad aparente promedio de las subparcelas ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )

$C_i$  : la concentración de carbono expresado en porcentaje de la masa del carbono en el suelo

$A_i$ : área de la parcela evaluada ( $\text{m}^2$ )

$i$  : representa cada perfil del suelo de 50 cm de profundidad

$pi$ : total de perfiles presentes

$A_p$  : área de la parcela evaluada ( $\text{m}^2$ )

### **3.5. Metodología de Evaluación de Vegetación**

#### **3.5.1. Caracterización y clasificación del bosque.**

La caracterización del bosque se expresa en función a parámetros dasométricos generales del bosque, riqueza florística, composición florística, importancia ecológica de las especies y el análisis multivariado «segmentado». Los parámetros presentados en esta sección corresponden a los datos colectados para este estudio, es relevante indicarlo debido a que se tienen una evaluación previa de las parcelas con lo que se analizara Dinámica forestal posteriormente.

##### ***a. Análisis de Diversidad alfa y Composición florística.***

La diversidad alfa comprendida por:

##### ***i. Parámetros dasométricos.***

Los parámetros dasométricos evaluados son: (a) número de árboles por hectárea; (b) área basal por hectárea ( $\text{m}^2$ ), además de:

##### ***ii. Riqueza.***

Riqueza indica la cantidad de especies, géneros y familias por extensión de área evaluada (0,5 ha) de modo que sea comparable con otros sitios y tipos de bosque.

iii. *Cociente de mezcla.*

Se calcula mediante la relación entre el número de especies y el número de individuos. El cociente de mezcla proporciona una idea somera de la intensidad de mezcla, así como una primera aproximación a la heterogeneidad de los bosques (Lamprecht,1990; Melo y Vargas ,2002). Es de mencionar que los valores de CM dependen fuertemente de diámetro mínimo de medición y del tamaño de muestra, por lo cual, solo se debe comparar ecosistemas con muestreos de igual intensidad.

Ecuación 05 
$$CM = \left(\frac{SN}{N}\right) = \left(\frac{S/S}{N/S}\right)$$

Donde:

S = Número total de especies en el muestreo

N= Número total de individuos en el muestro.

iv. *Índice de Diversidad de Shannon-Wiener.*

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

Donde el variable «Pi» representa la proporción de la abundancia relativa de la especie «i» en relación a la abundancia de todas las especies detectadas en un muestreo. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (MINAM, 2015).

v. *Composición florística.*

Para analizar la composición florística se obtendrá la lista de familias y especies por parcela evaluada a partir de la identificación taxonómica en campo y gabinete. También se presenta en conjunto con el Índice de Valor de importancia (IVI).

**b. Análisis de la Estructura del bosque**

*a. Distribución diamétrica y Altimétrica*

En la distribución diamétrica, los datos de diámetros fueron ordenados en histogramas de frecuencia por parcela, se fijó un intervalo de clase igual a 10 cm dadas las recomendaciones internacionales sobre normalización (Rollet (1974) citado por Freitas (1996a)). De igual manera se trabajó con la distribución altimétrica, se fijó un intervalo de clase de 5m, se graficó un histograma de la distribución de individuos por altura. y con el fin de hacer comparables y para generar un análisis conjunto los resultados se unieron en graficas para su interpretación.

*b. Índice de Valor de importancia (IVI)*

Con el fin de mostrar la importancia ecológica de las especies en estos bosques se determinará el peso ecológico de la especie mediante el cálculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) propuesto por Curtis y McIntosh (1951). Las especies con mayor valor ecológico se determinaron usando la suma de los valores relativos de las especies en términos de abundancia de individuos (Ab), dominancia (Do) y frecuencia (Fr) presentados en las Ecuaciones 06 a la 10.

Ecuación 06 
$$Ab(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ individuos de la especie}}{N^{\circ} \text{ total de indiv. en la parcela}} \times 100$$

Ecuación 07 
$$\text{Área basal } (G, m^2) = (DAP)^2 \times \frac{\pi}{4}$$

Ecuación 08 
$$Do (\%) = \frac{AB \text{ de la especie}}{AB \text{ total de todas las especies}} \times 100$$

Ecuación 09 
$$Fr (\%) = \frac{\text{Frecuencia absoluta de la especie}}{\text{Suma de frecuencias de especies}} \times 100$$

Ecuación 10 
$$IVI (\%) = Ab + Do + Fr$$

### *c. Análisis de correspondencia segmentado*

La clasificación y diferenciación de los sitios a comunidades boscosas se desarrolló con una prueba estadística de análisis multivariado por agrupamiento llamado «Análisis de correspondencia sin tendencia» o DCA (*Detrended correspondence analysis- decorana*) dentro del paquete especializado en análisis de comunidades vegetales *vegan package* (Oksanen *et al.*, 2015), del programa estadístico de acceso libre R versión 3.2.1. (2015). Este es un análisis multivariado en base a la presencia, ausencia y abundancia de las especies en las parcelas permanente de muestreo evaluados.

El paquete *vegan* contiene todos los métodos comunes de ordenamiento para comunidades vegetales: Análisis de componentes principales, análisis de correspondencia, análisis de correspondencia segmentado (DCA) y un *wrapper* de escalamiento multidimensional no métrico.

### **3.5.2. Dinámica del bosque.**

Los parámetros demográficos usados para el análisis de la dinámica del bosque son el aumento del área basal del bosque CATIE (Quesada *et al.*, 2012) y BOLFOR (Uslar *et al.*, 2003), tasas de recambio, mortalidad y reclutamiento. Estas dos últimas variables se basan en un modelo exponencial de incremento en tiempos continuos desarrollados por Swaine y Lieberman (citado por Buttgenbach, *et al.* (2012) y Quinto *et al.* (2009)). Por lo tanto, la dinámica del bosque se representará con (a) la dinámica estructural en base a los cambios de área basal, (b) las tasas de reclutamiento, (c) la tasa de mortalidad y (d) tasa de recambio.

El presente estudio evalúa los cambios en la dinámica del bosque en base a la remediación de siete parcelas permanentes de muestreo (VEN 01, VEN 02, VEN 03, VEN 04, VEN05, JEN14, JEN15), el periodo intercensal está indicado en la Tabla 14: Resultados de Dinámica forestal.

#### ***a. Tasa anual de mortalidad***

La tasa de mortalidad, en términos de individuos y de área basal, se calculó siguiendo un modelo de crecimiento exponencial en tiempo continuo, a partir de la siguiente fórmula derivada de Phillips *et al.*, 1994; Nebel *et al.*, 2000:

$$\text{Ecuación 11} \quad rm = \frac{[\ln(N_o) - \ln(N_s)]}{t} \times 100$$

(Phillips *et al.*, 1994; Nebel *et al.*, 2000)

Donde: *rm* es la tasa anual de mortalidad expresada en porcentaje; *No* es el número de individuos (o área basal) inicialmente inventariados; *Ns* es el número de individuos (o área basal) inicialmente inventariados sobrevivientes en un inventario posterior, después de un intervalo *t* de tiempo  $N_s = N_o - \mu$ ;  $\mu$  es el número de individuos (o área basal) muertos durante el intervalo *t* de tiempo, y *t* es el intervalo de tiempo en años, transcurrido entre los dos inventarios.

#### ***b. Tasa anual de reclutamiento***

La tasa de reclutamiento, en términos de individuos y de área basal, se calculó según una función exponencial de incremento poblacional, para lo cual se aplicó la siguiente fórmula adaptada de Phillips *et al.*, 1994; Nebel *et al.*, 2000:

$$\text{Ecuación 13} \quad rr = \ln \frac{[\ln(N_f) - \ln(N_s)]}{t} \times 100$$

Donde: *rr* es la tasa anual de reclutamiento expresada en porcentaje; *Nf* es el número de individuos (o área basal) inventariados al final del periodo *t* de tiempo, *No* es el número de individuos (o área basal) inicialmente inventariados sobrevivientes en un inventario posterior, después de un intervalo *t* de tiempo, *Nr* es el Número de individuos (o área basal) reclutado,  $N_f = N_o - \mu + N_r$ ;  $\mu$  es el número de individuos (o área basal) muertos durante el intervalo *t* de tiempo, y *t* es el intervalo de tiempo en años, transcurrido entre los dos inventarios.

#### ***c. Tasa de Recambio***

La tasa de recambio, también llamado de reemplazo, de cada período fue representada por la media de reclutamiento y mortalidad (Phillips *et al.*, 1994).

Ecuación 14  $tr = prom (tasa\ de\ mortalidad, tasa\ de\ reclutamiento)$

**d. Tasa anual de crecimiento del área basal**

Para obtener el porcentaje de la tasa de crecimiento del área basal se trabajó con los individuos sobrevivientes durante el periodo intercensal, debido a que estuvieron presentes en la primera y en la segunda evaluación del presente estudio.

En la siguiente fórmula se han colocado los valores de las áreas basales, con ellos se ha determinado la tasa anual de crecimiento del área basal. (Phillips *et al.*, 1994; Nebel *et al.*, 2000)

Ecuación 15  $C = \frac{[\ln(AB_f) - \ln(AB_s)]}{t} \times 100$

Donde:

C = Tasa anual de crecimiento en %

AB<sub>f</sub> = Área basal final de los sobrevivientes AB<sub>f</sub> = AB<sub>o</sub> - AB + ΔAB

AB<sub>s</sub> = Área basal inicial de los sobrevivientes

AB<sub>o</sub> = Área basal inicial

AB<sub>m</sub> = Área basal muerta durante el periodo «t» de tiempo

AB = Incremento del área basal de los sobrevivientes

t = Intervalo «t» de tiempo

ln = Logaritmo neperiano

**e. Corrección por variación del intervalo censal**

Indica Lewis *et al.* (2004) que las pruebas matemáticas muestran que las estimaciones de tasas, por ejemplo, de mortalidad y reclutamiento, disminuirán al aumentar el intervalo censal cuando se obtengan de censos de poblaciones no homogéneas. Este efecto del intervalo del censo podría generar confusión o incluso conducir a conclusiones de estudios

comparativos que involucren tales estimaciones de tasas. Por ello las tasas de mortalidad, reclutamiento o recambio con intervalos de censo de diferentes duraciones pueden compararse usando la tasa media de disminución para estandarizar las estimaciones a una longitud de censo común usando la siguiente formula:

Ecuación 12 
$$\lambda_{corr} = \lambda \times t^{0.08}$$

Donde:  $\lambda$  es la tasa y t es el tiempo entre censos en años. Esta simple corrección general debería reducir el sesgo asociado con la variación del intervalo censal, donde es inevitable. (Lewis *et al.*, 2004, p. 939)

***f. Incremento medio anual del área basal e incremento medio anual del diámetro de sobrevivientes***

Para hallar el incremento medio anual del área basal y del diámetro promedio de los individuos sobrevivientes se calculó el incremento medio anual del diámetro de Louman *et al.* (2001) solo para los individuos sobrevivientes con un DAP  $\geq 10$  cm. Se aplicó la siguiente fórmula:

Ecuación 16 
$$D = \frac{AB_2 - AB_1}{t}$$

Donde:

D = Incremento medio anual diamétrico o en área basal

$AB_2$  = Diámetro o área basal al final del periodo

$AB_1$  = Diámetro o área basal al inicio del periodo

t = Tiempo entre ambas mediciones

### 3.5.3. Estimación de biomasa aérea.

La biomasa en dicotiledóneas se estimó aplicando la ecuación pan-tropical validada de Chave *et al.* (2014) (Ecuación 17), esta utiliza tres variables para la estimación de biomasa en árboles: (a) el DAP, (b) la altura y (c) densidad de la madera. Los parámetros medidos en campo fueron el DAP y la altura; los valores de densidad de la madera fueron tomados del *Global Wood Density Database* de Zanne *et al.* (2009) y Valderrama *et al.* (2013) el cual brinda información de la densidad básica de las maderas a nivel de especie, género y familia. Se utilizó el dato de la densidad básica priorizando el valor por especie, género y familia, respectivamente en casos donde el valor de densidad básica ( $\rho$ ) para la especie no esté disponible.

En monocotiledóneas la biomasa se estimó usando ecuaciones alométricas de Goodman *et al.* (2013) específicas para las especies, las cuales requieren la altura del estúpite como único parámetro de estimación. La ecuación tiene el siguiente algoritmo  $y=a+bx+cx$ , siendo específicamente para el género *Mauritia* (Familia Arecaceae) la Ecuación 18 con  $R^2=0,897$ .

Ecuación 17 
$$AGBest = 0,0673 x (\rho D^2 H)^{0,976}$$

Donde: AGBest es la biomasa aérea estimada (kg de masa seca),  $\rho$  es la densidad básica de la madera (kg/m<sup>3</sup>), D es el diámetro del individuo (m) y H es la altura del individuo (m).

Ecuación 18 
$$\ln (AGB) = 2,4647 + 1,377 \ln (H)$$

Donde: AGBest es la biomasa aérea estimada del género *Mauritia*,  $\rho$  es la densidad básica de la madera, D es el diámetro del individuo y H es la altura del individuo.

Posterior a la aplicación de los algoritmos mostrados se realizó la conversión de biomasa aérea o AGB (kg masa seca) a Mega gramo por hectárea (Mg ha<sup>-1</sup>), para ello se utilizó el factor de conversión de 0,5. Kauffman y Donato, (2012) indican que la concentración de carbono en la madera suele ser ligeramente inferior al 50 por ciento, por lo que es práctica

común, si no se conocen los valores específicos de la localidad, convertir biomasa a carbono multiplicando por un factor de 0,46-0,5. En este estudio se empleó factor 0,5.

Para fines de determinación del *stock* de carbono en los individuos indeterminados se utilizaban datos promedios de la parcela en densidad aparente.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Caracterización y Clasificación del Bosque de Pantano

#### 4.1.1. Análisis de la diversidad alfa y composición florística.

Basado en la metodología propuesta se evaluó 10 parcelas de 0,5 hectáreas y se muestran los resultados en base a esta extensión. Adicionalmente se muestra el porcentaje de palmeras debido a la importante presencia de la familia Arecaceae en las parcelas de muestreo (Tabla 4).

##### *a. Parámetros dasométricos.*

En las parcelas de Varillal hidromórfico, NYO03 y MIF03, se encontraron de 446 a 537 individuos respectivamente de  $DAP \geq 10\text{cm}$ , con predominancia de individuos arbóreos, de 91 y 97 por ciento, y un bajo porcentaje de palmeras de nueve y tres por ciento (Tabla 4).

Las parcelas de Aguajal, todas excepto NYO03 y MIF03, presentaron entre 222 a 333 ( $DAP \geq 10\text{cm}$ ). En la mayoría de las parcelas, las palmeras representaron más del 50 por ciento de los individuos, excepto en la parcela JEN15 que tuvo solo 21 por ciento de palmeras (Tabla 4).

En densidad de individuos por hectárea, resaltan los valores de parcelas de varillales MIF03 y NYO03, con 1074 y 892 individuos respectivamente, notablemente un número mayor a las parcelas de Aguajales y a los bosques tropicales en general. Sin embargo, los resultados en área basal (para 0,5 ha) fue similar en ambos tipos de bosque, con  $13,71\text{ m}^2$  promedio en los Aguajales y  $14,12\text{ m}^2$  promedio en los varillales hidromórficos.

La densidad arbórea del Varillal hidromórfico coincide con el Varillal evaluado por Freitas (1996a, p.6) en Jenaro Herrera con 988ind/ha y 19,53m<sup>2</sup>/ha. Sin embargo, los Aguajales del palmeral de Tahuampa 490 ind/ha y 32,66 m<sup>2</sup>/ha (Freitas, 1996a, p.40). Indica Gentry (1988) citado por Dueñas (2020) en densidad arbórea evaluada en Jenaro Herrera 68 ind/0,1ha que sería 340 ind/0,5 ha y para Tahuampa de Mishana 53 ind/0,1ha equivalente a 265 ind/0,5ha, que son valores similares a lo encontrados en el presente estudio.

**Tabla 5: Parámetros dasométricos de las parcelas de bosques de pantanos.**

Código de parcela	Área (ha)	G (m <sup>2</sup> )	Nº Individuos	Palmeras (%)
JEN14	0,50	14,69	222	59
JEN15	0,50	13,84	261	21
VEN01	0,50	15,74	250	49
VEN02	0,50	17,92	333	81
VEN03	0,50	12,77	258	77
VEN04	0,50	11,48	293	85
VEN05	0,50	8,51	254	54
MIF03	0,50	15,07	537	3
NYO03	0,50	13,55	446	9
PRN01	0,50	14,69	307	64

***b. Riqueza Florística.***

Los resultados de riqueza florística se muestran indiferentes para los Varillales hidromórfico y Aguajales. Sin embargo, se registró que la parcela JEN15 presenta alto número de especies, géneros y familia, significativamente mayor a lo presentado por las demás parcelas, con 74 especies en 0,5 hectáreas.

Asimismo, al analizar la Tabla 4, las parcelas VEN03, VEN04 y VEN 05 muestran resultados menores de riqueza de especies, muy distintos a otras parcelas evaluadas del mismo sitio (VEN01 y VEN02). Esto podría explicarse porque las parcelas de VEN01 a

VEN05 se encuentran en transecto de 500 metros de distancia entre ellas, que va desde el Aguajal de aguas negras hacia al centro de un pantano abierto Honorio *et al.* (2015) evaluó el 2008 - 2009 primer censo para VEN 01 y VEN 02 y JEN 14 y JEN15. En este recorrido se puede ver estas variaciones de la formación ecológica a lo largo del transecto, que varían en composición, densidad, estructura, etc.

De otro lado, la parcela PRN01 Este presenta el número de especies similar a lo encontrado para otros Aguajales y este es un Aguajal que ha sido intervenido por escalada a Aguajes por parte de la población de la comunidad nativa de Parinari, desde los años 90.

Por su parte Freitas (1996a) supera a los resultados del Varillal hidromórfico con su evaluación en el Varillal de arena blanca con 58 especies en 0,5 ha y se presenta menor en los Aguajales de aguas negras con 58 especies en 1 ha (Freitas, 1996b) que en el presente estudio. Indica también para Jenaro Herrera la diversidad de los Aguajales de aguas negras y el Aguajal de terraza baja con 58 especies/ha en el primer caso (Kahn & Mejía, 1990) y formaciones más diversas (158 especies/ha) en el segundo (Kahn, 1990; Kahn *et al.*, 1988) citado por Honorio *et al.* (2008).

### *c. Cociente de mezcla.*

El cociente de mezcla, indicador derivado de riqueza que nos da un acercamiento de la heterogeneidad del bosque, varía de 1/3,5 a 1/32,6 entre las parcelas. Los valores más altos fueron 1/3,5 para la parcela JEN15 y 1/5,6 para la parcela JEN14, lo cual indica que son parcelas más heterogéneas y diversas que aquellas que tienen valores menores de cociente de mezcla y son más homogéneas como la parcela VEN04 con CM de 1/32,6 (Tabla 4).

Las dos parcelas en Varillales hidromórficos, MIF03 y NYO03, tienen un CM de 1/21,5 y 1/12,7, que son valores de bosques más homogéneos. En el caso de las demás parcelas que son Aguajales presenta diferencias de heterogeneidad, pero el caso más preciso es lo presentado en JEN15.

**Tabla 4: Riqueza florística y cociente de mezcla de las parcelas evaluadas.**

Código de parcela	Área (ha)	Especie	Género	Familia	Cociente de mezcla	Índice Shannon-Wiener
JEN14	0,50	40	34	18	1/ 5,6	2,04
JEN15	0,50	74	57	32	1/ 3,5	3,52
VEN01	0,50	40	35	24	1/ 6,3	2,57
VEN02	0,50	29	27	18	1/ 11,5	1,74
VEN03	0,50	13	13	11	1/ 19,8	1,17
VEN04	0,50	9	9	9	1/ 32,6	1,25
VEN05	0,50	11	11	10	1/ 23,1	1,73
MIF03	0,50	25	22	17	1/ 21,5	1,70
NYO03	0,50	35	30	20	1/ 12,7	2,45
PRN01	0,50	34	33	20	1/ 9,0	2,42

**d. Diversidad florística.**

Para efectos comparativos se analiza con los índices Shannon-Wiener, ya que con estos índices es posible comparar con otros estudios, debido a su difusión entre investigadores.

Las parcelas evaluadas y por la abundancia de la familia Arecaceae (principalmente *Mauritia flexuosa*), dan lugar a formaciones monoespecíficas de baja diversidad florística; esto conlleva a bajos valores de diversidad. Los valores del índice Shannon- Wiener suele hallarse entre 1,5 a 3,5 y raramente sobrepasa el 4,5, los valores encontrados para el presente estudio están dentro de ese rango (1,17 a 2,57) esto indica que las parcelas tienden a tener una baja a diversidad promedio, y solo en el caso del JEN15 llega a valores límite de 3,52. Estos valores concuerdan con los hallados por Corrales (2009) para formaciones también de Aguajales, donde obtuvo valores de 1,80 a 3,40, lo que nos indica que la diversidad de los Aguajales es baja por la dominancia de *Mauritia flexuosa*. Previos estudios han demostrado que los bosques temporalmente inundados son menos diversos que los bosques de tierra firme cercanos (Nebel *et al.*, 2001 citado por Honorio & Draper, 2018).

Respecto a la mayor diversidad de JEN15, puede explicarse con estudios previos respecto a la fisiografía y clasificación de bosque encontrado por Freitas (1996b) y Honorio *et al.* (2008), que lo identifica dentro de una clasificación fisiográfica de los bosques de Jenaro Herrera, dentro de la categoría de Bosque de palmeras de terraza baja, las demás parcelas están dentro del bosque de palmeras de aguas negras.

#### **4.1.2. Análisis de la Estructura del bosque.**

##### *a. Distribución horizontal.*

Las parcelas MIR03 y NYO01, presentan la distribución en forma de tipo exponencial negativo, más conocida como «J invertida» ya que el mayor porcentaje de individuos tienen diámetros pequeños de entre 10 a 20 cm de diámetro (categoría I), lo que es propio de este tipo de formación de varillales. En este caso predomina la presencia de *Pachira nítida* «Punga». Cuando la muestra presenta una curva tipo J invertida, nos indica que estas especies se están regenerando continuamente y que son especies estables en el sitio.

Las parcelas JEN14 y VEN03 presentan distribución en «campana interrumpida». En este tipo de distribución horizontal la mitad de los individuos se encuentran entre 20 a 30 cm y solo el 30 por ciento de individuos se ubican en la primera categoría (de 10 a 20 cm). Esto se puede explicar por la característica morfológica de crecimiento del Aguaje: A pesar que el Aguaje es pequeños en altura en sus primeros estadios, su diámetro es mayor, es así que no encontramos individuos de 10 cm, son inventariados de 20 o 30 cm como mínimo cuando ingresan al censo.

Las parcelas JEN15, VEN 01, VEN 02, VEN04, VEN 05 y PRN1 son aguajales con una particular distribución horizontal. Se observa que el 50 por ciento de individuos se encuentran en la categoría I (10 a 20 cm) y el posterior 30 por ciento se encuentran en la categoría III (de 30 a 40 cm). Estos son Aguajales que no solo predomina *Mauritia flexuosa*, sino también otras especies de pocos diámetros como *Mauritiella armata* (en VEN04 y VEN05) por eso se le podría denominar como mixto. Adicionalmente se puede explicar que han tenido mayor cantidad de claros (sea por factores antrópicos o naturales) lo cual

favoreció a la presencia de individuos de pequeño diámetro. Se muestran todos los valores de la distribución diamétrica en el Anexo N°3.

***b. Distribución altimétrica.***

Se observa que las distribuciones verticales son de comportamiento uniforme para los bosques pantanosos. Estas presentan la distribución en forma de campana de Gauss para la mayoría de parcelas en estudio. La mayor parte de la población se encuentra entre 10 a 25 m de altura del bosque, presentan pocos individuos de 0 a 5 metros y de 30 a 35 metros. La categoría más abundante es de 15 a 20 metros y podríamos denominarla como «estrato dominante» donde se encuentra la especie *Mauritia flexuosa* «Aguaje» (Arecaceae) para los Aguajales. En el caso de los varillales hidromórficos la «Punga del varillal» *Pachira nítida* (Malvaceae). Se muestran todos los valores de la distribución altimétrica en el Anexo N°4.

En las parcelas VEN02, VEN03, VEN04 y VEN05 son parcelas que tienen la mayor población en la con menos altura, predominando la categoría de 10 a 15 metros. Esto coincide con que las parcelas de VEN02 a VEN05 va hacia un pantano abierto y en esta transición se ve mayor apertura de dosel.

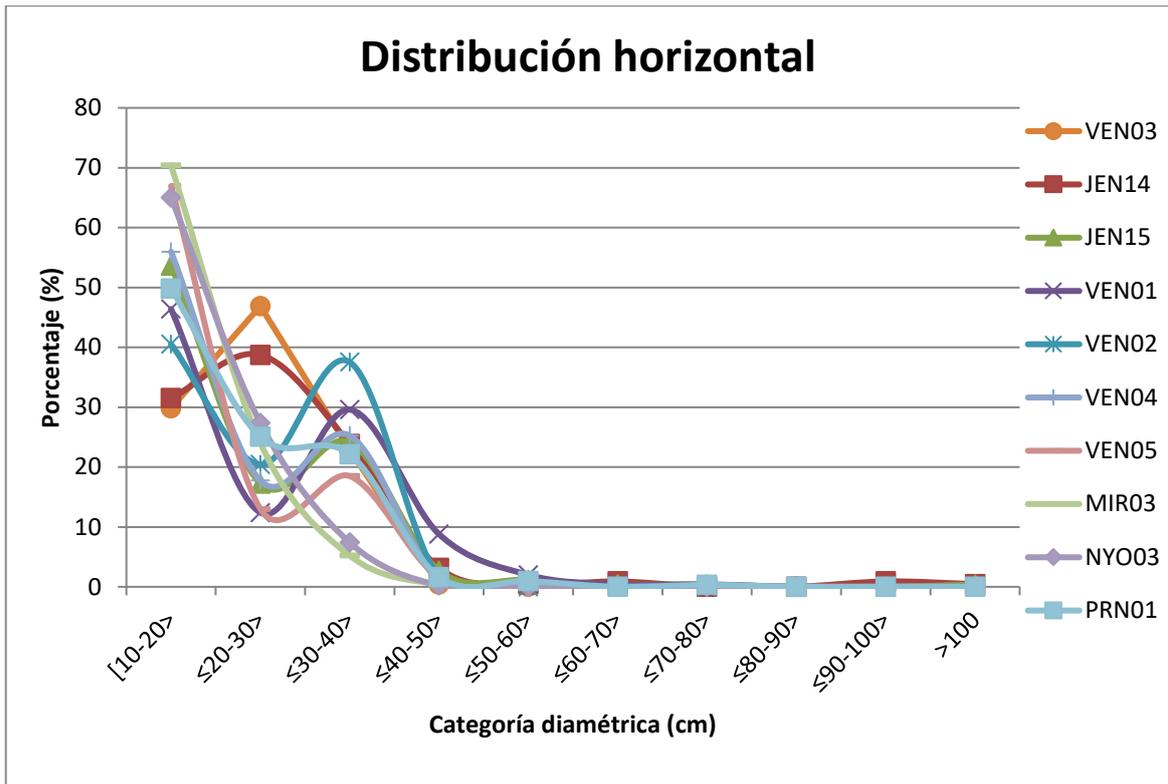


Figura 5: Distribución horizontal de las parcelas permanente de monitoreo

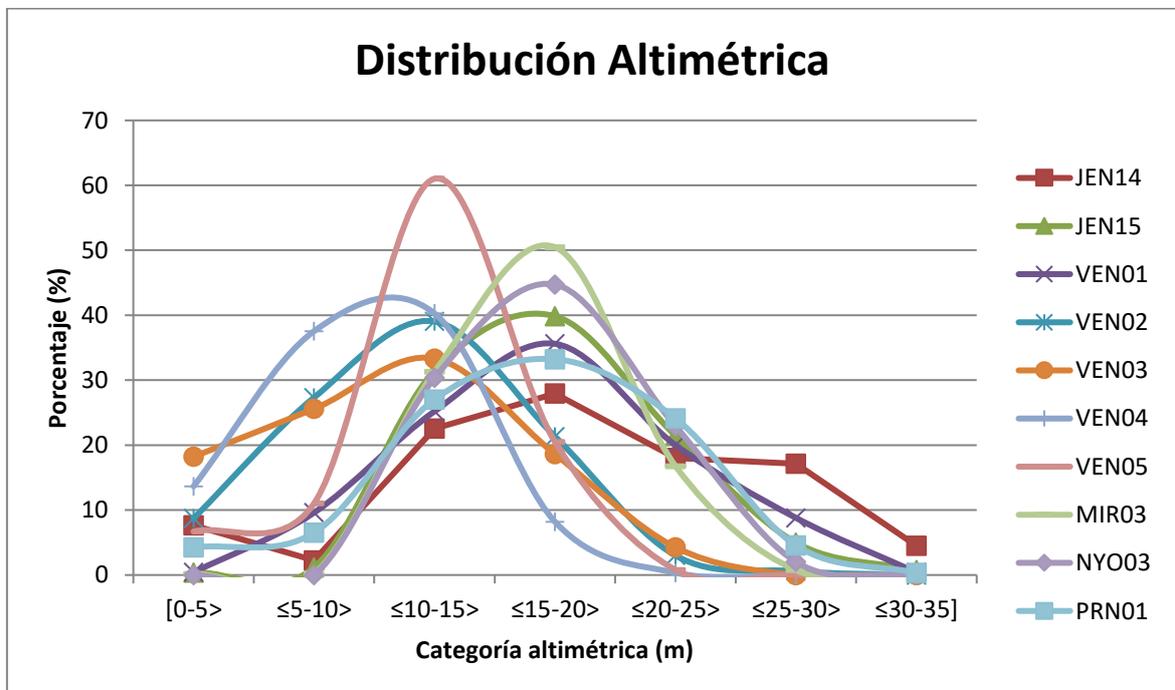


Figura 6: Distribución altimétrica para las parcelas permanente de monitoreo

*c. Índice de valor de importancia y composición florística.*

Se presenta la lista de familias y especies por parcela evaluada en el Anexo N°1. También se presenta en las especies de mayor peso ecológico en conjunto con el Índice de Valor de importancia (IVI). Se identificaron 141 especies, pertenecientes a 118 géneros y 41 familias. Se observó que en las parcelas de Aguajal las familias más diversas (mayor cantidad de especies) son: Fabaceae, Moraceae, Euphorbiaceae, Urticaceae y Arecaceae. Y en el Varillal hidromórfico son la familia Moraceae, Rubiaceae, Sapindaceae y Myristicaceae. En bosque de pantano de tipo Aguajal se encontró predominancia ecológica de las familias Arecaceae, Myristicaceae, Bignonaceae, Lepidobotryaceae; y en los Varillales hidromórficos la familia Malvaceae, Rubiaceae Euphorbiaceae, Annonaceae y en menor media la familia Arecaceae.

Respecto a las especies, en las parcelas de este tipo de Aguajal (parcelas JEN15, JEN14, VEN01 al VEN05 y PRN01) la especie con mayor IVI fue *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) «Aguaje» con valores dentro del 130 y 185 por ciento del IVI de todas las parcelas (excepto en JEN15). Otras palmeras importantes son *Euterpe precatoria* (JEN14 y PAR01), *Socratea exorrhiza* y *Euterpe precatoria* importantes palmeras en VEN01 y VEN02 y PAR01; y en las parcelas VEN03 a VEN05 se da la presencia de *Mauritiella armata* como especie importante después de Aguaje. En especies arbóreas dentro del Aguajal resalta la presencia *Symphonia globulifera* (Clusiaceae), *Virola pavonis* (Myristicaceae) (JEN14, JEN15, VEN01, PRN01); también de *Tabebuia insignis* (Bignonaceae) en las parcelas VEN03 a VEN05; *Ilex andariensis* (Aquilofoliaceae) en VEN02 a VEN05. La composición de los Aguajales estudiados concuerda con estudios anteriores, lo que nos sirve de referencia para el presente estudio (Honorio *et al.*, 2008; Freitas ,1996b).

En las parcelas de Aguajal el 54 al 81 por ciento del total de individuos son palmeras, en el caso particular de JEN15 solo es el 21 por ciento, donde la familia Arecaceae representa el 60,5 por ciento del IVI, mientras que en las demás parcelas de Aguajal Arecaceae es mayor al 130 a 185 por ciento del IVI. La parcela JEN15 a diferencia de las otras parcelas de Aguajales no tiene a *Mauritia flexuosa* (y/u otras palmeras) que predominen el bosque.

Por el otro lado, en bosque de Varillal hidromórfico (NYO01 y MIR03) la especie con mayor IVI fue *Pachira nitida* «Punga del varillal» (Malvaceae) con valores de 58,44 y 126,80 por ciento del peso ecológico total para ambas parcelas respectivamente (Tabla 6). Otras especies arbóreas resaltantes en estos bosques son *Hevea guianensis* (Euphorbiaceae), *Oxandra mediaocris* (Annonaceae) y en menor medida *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) presente a menor densidad con 30 por ciento del IVI para ambas parcelas. Específicamente, en NYO03 el 50 por ciento del bosque lo dominan cuatro especies *Pachira nítida*, *Platycarpum loretense*, *Mauritia flexuosa* y *Oxandra mediocris* (Annonaceae). Mientras que en la parcela MIR03 solo dos especies *Pachira nitida* (Malvaceae) y *Hevea guianensis* (Euphorbiaceae) dominan cerca del 50 por ciento del bosque, siendo esta última de menor diversidad que NYO03. Coincide con Honorio & Draper (2018) en indicar también a la «Punga de Varillal» como la especie de mayor peso ecológico.

**Tabla 6: Resumen del índice de valor de importancia para los varillales hidromórficos**

D. IVI en NYO03					C. IVI en MIR03						
Familia	Especie	Ar	Fr	Dr	IVI %	Familia	Especie	Ar	Fr	Dr	IVI %
MALV	<i>Pachira nitida</i>	26,68	8,93	22,83	58,44	MALV	<i>Pachira nitida</i>	58,47	11,36	56,97	126,80
RUBI	<i>Platycarpum loretense</i>	17,94	8,93	29,43	56,29	EUPH	<i>Hevea guianensis</i>	9,31	11,36	5,92	26,59
AREC	<i>Mauritia flexuosa</i>	8,74	8,33	15,72	32,80	FABA	<i>Macaranga ischnoc</i>	8,57	9,85	4,81	23,23
ANNO	<i>Oxandra mediocris</i>	13,23	8,33	10,61	32,17	ANNO	<i>Oxandra mediocris</i>	4,10	9,85	6,45	20,39
EUPH	<i>Hevea guianensis</i>	7,85	8,93	3,98	20,75	AREC	<i>Mauritia flexuosa</i>	3,17	7,58	7,62	18,36
MORA	<i>Ficus sp2</i>	3,36	5,95	1,57	10,89	APOC	<i>Macoubea sprucei</i>	2,61	7,58	7,75	17,93
ELAE	<i>Sloanea durissima</i>	2,69	5,36	2,49	10,54	ELAE	<i>Sloanea guianensis</i>	2,05	6,06	3,05	11,16
SAPO	<i>Chrysophyllum amaz</i>	2,69	4,76	1,86	9,31	MORA	<i>Brosimum utile</i>	2,05	6,06	1,27	9,38
FABA	<i>Vatairea guianensis</i>	2,02	5,36	1,45	8,82	ANNO	<i>Bocageopsis canescer</i>	1,68	4,55	0,92	7,15
APOC	<i>Aspidosperma sp2</i>	1,79	4,76	0,94	7,49	RUBI	<i>Ferdinandusa chloran</i>	1,49	4,55	0,66	6,70
Otras	25 especies	13,00	30,36	9,12	52,48	Otras	15 especies	6,52	21,21	4,58	32,31
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

*Nota:* Se muestran 10 especies primeras dentro del IVI, estas corresponden a más del 200 por ciento del peso ecológico del bosque descrito.

**Tabla 7: Resumen del índice de valor de importancia para los aguajales**

A. IVI en JEN15

Familia Especie	Ar	Fr	Dr	IVI %
AREC <i>Mauritia flexuosa</i>	19.54	7.18	33.83	60.55
MYRI <i>Virola pavonis</i>	6.90	6.08	10.42	23.39
CLUS <i>Symphonia globulifera</i>	6.51	5.52	10.08	22.12
LECY <i>Eschweilera albiflora</i>	6.51	6.63	3.75	16.89
CLUS <i>Garcinia macrophylla</i>	5.75	7.18	3.37	16.30
FABA <i>Vatairea guianensis</i>	4.21	4.42	1.60	10.24
LECY <i>Eschweilera bracteosa</i>	2.68	2.21	3.14	8.04
MORA <i>Ficus sphenophylla</i>	0.38	0.55	7.04	7.98
OLAC <i>Cathedra acuminata</i>	2.3	2.8	0.9	6.0
PHYL <i>Amanoa oblongifolia</i>	1.9	2.8	1.2	5.9
Otras 64 especies	43.30	54.70	24.68	122.68
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

B. IVI en JEN14

Familia Especie	Ar	Fr	Dr	IVI %
AREC <i>Mauritia flexuosa</i>	57.66	15.79	59.83	133.27
EUPH <i>Hura crepitans</i>	5.41	9.47	22.16	37.04
MYRI <i>Virola pavonis</i>	6.31	10.53	5.13	21.97
CLUS <i>Symphonia globulifera</i>	2.25	5.26	1.33	8.84
FABA <i>Pterocarpus santalino</i>	3.15	4.21	0.79	8.16
MALV <i>Pachira aquatica</i>	1.80	4.21	0.95	6.97
CLUS <i>Garcinia macrophylla</i>	1.80	4.21	0.40	6.41
ANNO <i>Xylopia micans</i>	1.80	4.21	0.37	6.38
AREC <i>Euterpe precatoria</i>	1.35	3.16	0.37	4.88
FABA <i>Pterocarpus amazonu</i>	1.35	2.11	1.39	4.85
Otras 30 especies	17.12	36.84	7.27	61.23
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

F. IVI en VEN01

Familia Especie	Ar	Fr	Dr	IVI %
AREC <i>Mauritia flexuosa</i>	28.80	11.90	44.70	85.41
MYRI <i>Virola pavonis</i>	10.40	9.52	21.32	41.24
LEPİ <i>Ruptiliocarpon caracc</i>	13.20	11.11	8.98	33.29
AREC <i>Euterpe precatoria</i>	12.00	9.52	3.56	25.09
AREC <i>Socratea exorrhiza</i>	8.00	8.73	2.27	19.00
MALV <i>Apeiba membranacea</i>	2.80	4.76	4.29	11.85
PHYL <i>Hieronyma alchomeo</i>	3.60	5.56	2.45	11.60
FABA <i>Vatairea guianensis</i>	1.20	2.38	1.79	5.37
BURS <i>Protium glabrescens</i>	2.40	2.38	0.55	5.33
FABA <i>Macarobium multijug</i>	1.20	2.38	1.41	4.99
Otras 30 especies	16.40	31.75	8.68	56.82
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

G. IVI en VEN02

Familia Especie	Ar	Fr	Dr	IVI %
AREC <i>Mauritia flexuosa</i>	56.89	14.85	85.54	157.27
AREC <i>Socratea exorrhiza</i>	12.87	12.87	3.40	29.14
AREC <i>Euterpe precatoria</i>	9.58	12.87	2.17	24.62
AQUI <i>Ilex andarensis</i>	2.69	5.94	1.73	10.36
LEPİ <i>Ruptiliocarpon caracc</i>	2.10	6.93	1.22	10.24
MORA <i>Ficus sp4</i>	2.40	5.94	1.07	9.41
BURS <i>Protium glabrescens</i>	1.80	5.94	0.54	8.28
PHYL <i>Amanoa oblongifolia</i>	1.50	3.96	0.58	6.04
CLUS <i>Symphonia globulifera</i>	1.20	2.97	0.34	4.51
FABA <i>Parkia nitida</i>	0.90	2.97	0.30	4.17
Otras 19 especies	8.08	24.75	3.12	35.96
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

H. IVI en VEN03

Familia Especie	Ar	Fr	Dr	IVI %
AREC <i>Mauritia flexuosa</i>	69.77	24.07	91.99	185.83
BIGN <i>Tabebuia insignis</i>	11.24	22.22	2.95	36.41
AQUI <i>Ilex andariensis</i>	5.43	12.96	1.30	19.69
URTI <i>Cecropia sp1</i>	2.33	11.11	0.55	13.98
AREC <i>Mauritiella armata</i>	5.43	5.56	1.44	12.42
EUPH <i>Alchomea discolor</i>	1.94	7.41	0.73	10.08
AREC <i>Euterpe precatoria</i>	1.55	5.56	0.37	7.48
MORA <i>Ficus americana</i>	0.39	1.85	0.20	2.44
FABA <i>Macarobium multijug</i>	0.39	1.85	0.15	2.39
ANAC <i>Tapirira guianensis</i>	0.39	1.85	0.11	2.35
Otras 3 especies	1.16	5.56	0.21	6.93
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

I. IVI en VEN04

Familia Especie	Ar	Fr	Dr	IVI %
AREC <i>Mauritia flexuosa</i>	44.03	24.07	84.64	152.74
AREC <i>Mauritiella armata</i>	40.61	24.07	10.43	75.12
BIGN <i>Tabebuia insignis</i>	6.48	14.81	1.89	23.19
AQUI <i>Ilex andariensis</i>	3.41	12.96	1.39	17.76
URTI <i>Cecropia latiloba</i>	3.07	11.11	0.87	15.06
EUPH <i>Alchomea discolor</i>	1.02	5.56	0.26	6.84
PRIM <i>Cybianthus reticulatus</i>	0.68	3.70	0.35	4.73
CLUS <i>Symphonia globulifera</i>	0.34	1.85	0.08	2.28
EUPH <i>Alchomeopsis floribu</i>	0.34	1.85	0.08	2.27
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

J. IVI en VEN05

Familia Especie	Ar	Fr	Dr	IVI %
AREC <i>Mauritia flexuosa</i>	31.89	18.31	75.76	125.96
BIGN <i>Tabebuia insignis</i>	22.44	18.31	7.62	48.37
AREC <i>Mauritiella armata</i>	22.44	16.90	7.34	46.68
AQUI <i>Ilex andarensis</i>	9.84	14.08	4.45	28.38
ANAC <i>Tapirira guianensis</i>	5.51	12.68	2.17	20.35
PRIM <i>Cybianthus reticulatus</i>	4.33	7.04	1.24	12.61
CLUS <i>Symphonia globulifera</i>	1.18	4.23	0.31	5.71
EUPH <i>Alchomea discolor</i>	0.79	2.82	0.49	4.09
FABA <i>Macarobium multijug</i>	0.79	2.82	0.23	3.83
URTI <i>Cecropia latiloba</i>	0.39	1.41	0.22	2.03
MALV <i>Lueheopsis hoehnei</i>	0.39	1.41	0.17	1.97
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

E. IVI en PRN01

Familia Especie	Ar	Fr	Dr	IVI %
AREC <i>Mauritia flexuosa</i>	36.48	11.54	57.52	105.54
AREC <i>Socratea exorrhiza</i>	11.07	9.23	4.61	24.92
AREC <i>Euterpe precatoria</i>	9.12	10.00	4.55	23.67
CLUS <i>Symphonia globulifera</i>	7.82	8.46	7.11	23.39
MYRI <i>Virola pavonis</i>	7.82	8.46	5.58	21.86
EUPH <i>Hura crepitans</i>	1.95	3.85	7.41	13.21
SAPO <i>Micropholis egensis</i>	2.28	5.38	2.89	10.56
AREC <i>Mauritiella armata</i>	4.23	2.31	1.19	7.73
FABA <i>Pterocarpus amazonu</i>	1.95	3.85	0.82	6.62
MORA <i>Ficus sp1</i>	1.63	3.85	0.59	6.06
Otras 24 especies	15.64	33.08	7.72	56.43
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Nota: Se muestran 10 especies primeras dentro del IVI, estas corresponden a más del 200% del peso ecológico del bosque descrito.

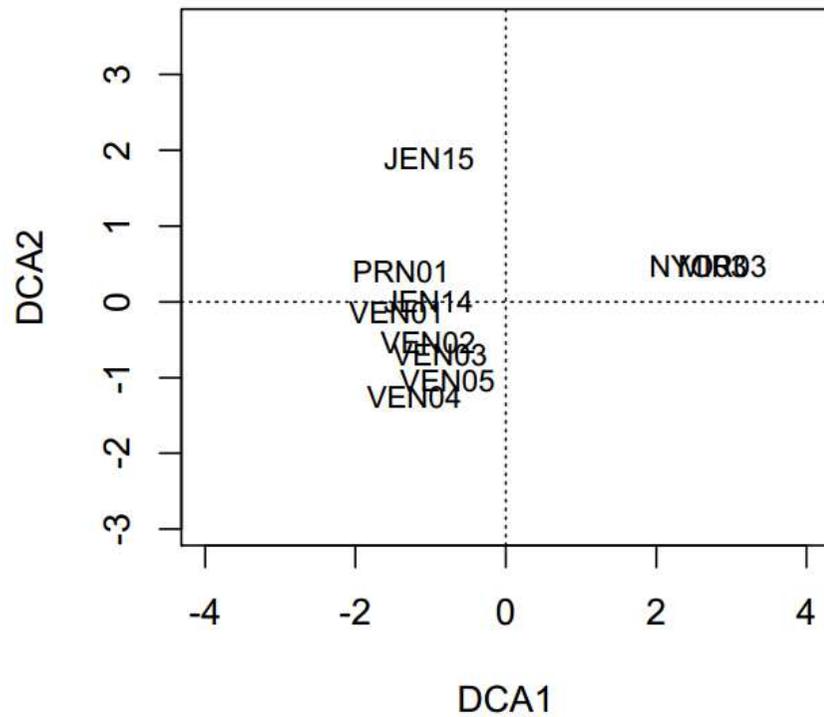
#### 4.1.3. Clasificación de formaciones boscosas.

En los resultados del análisis multivariado en base al agrupamiento por presencia-ausencia y abundancia de especies encontramos que nuestras 10 parcelas se agrupan en dos grupos: Varillal hidromórfico (NYO y MIR) y Aguajales (PRN01, JEN14, VEN 01 al VEN05) y JEN15. En el caso de las parcelas de Aguajal existen separación estadística en función a las especies que comparten.

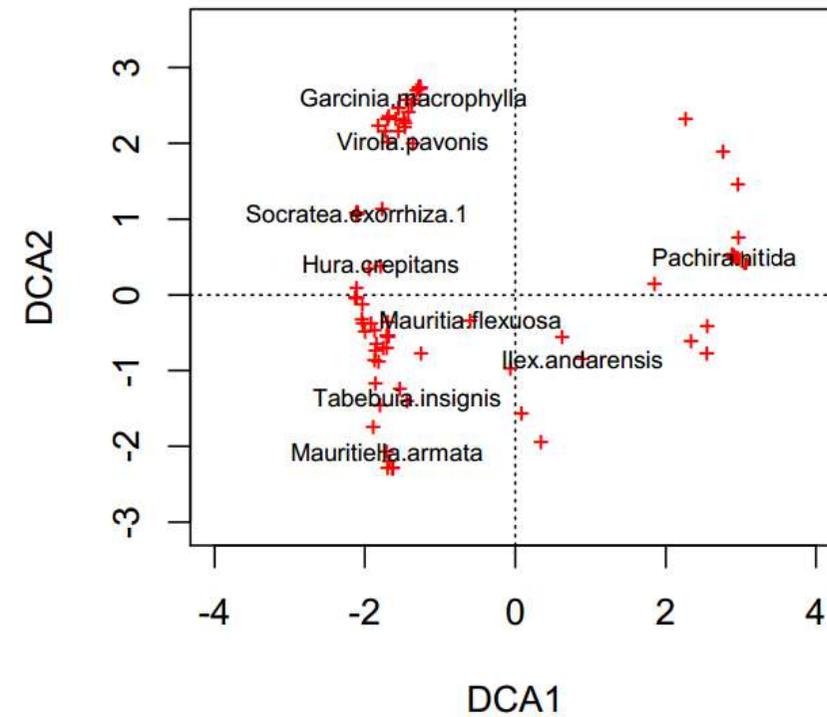
Los dos primeros ejes del «Análisis de correspondencia segmentado» explican la variación en la composición florística. En la Figura 9 sección (A) se puede diferenciar en el eje 1, eje horizontal, las parcelas de Aguajal a la izquierda y las parcelas de Varillal hidromórfico a la derecha. Las especies más representativas se muestran en la sección (B), donde podemos observar que *M. flexuosa* fue más abundante y representativa junto a *Hura crepitans* en los Aguajales y *Pachira nitida* en los varillales hidromórficos.

El eje 2, eje vertical para la sección (A), muestra una ligera dispersión de las parcelas de Aguajal, siendo la parcela JEN15 la más distinta entre los Aguajales, debido a la abundancia de un set más diverso de especies, como *Garcinia macrophylla* y *Virola pavonis*.

Adicionalmente, podemos agregar que JEN15 presenta además de mayor diversidad, riqueza florística, heterogeneidad del bosque, presenta un set distinto de especies, sin embargo, «Aguaje» sigue siendo la especie más dominante (60 por ciento del IVI). Y sumado a la distancia estadística con las otras parcelas de Aguaje podría explicarse por la caracterización que le dio Freitas *et al.* (1996b) y Honorio *et al.* (2008) indicando que pertenece a un bosque de terraza baja, su variación fisiográfica explicaría sus diferentes características ya descritas.



(A)



(B)

**Figura 7: Prueba estadística Análisis de correspondencia segmentado o DCA**

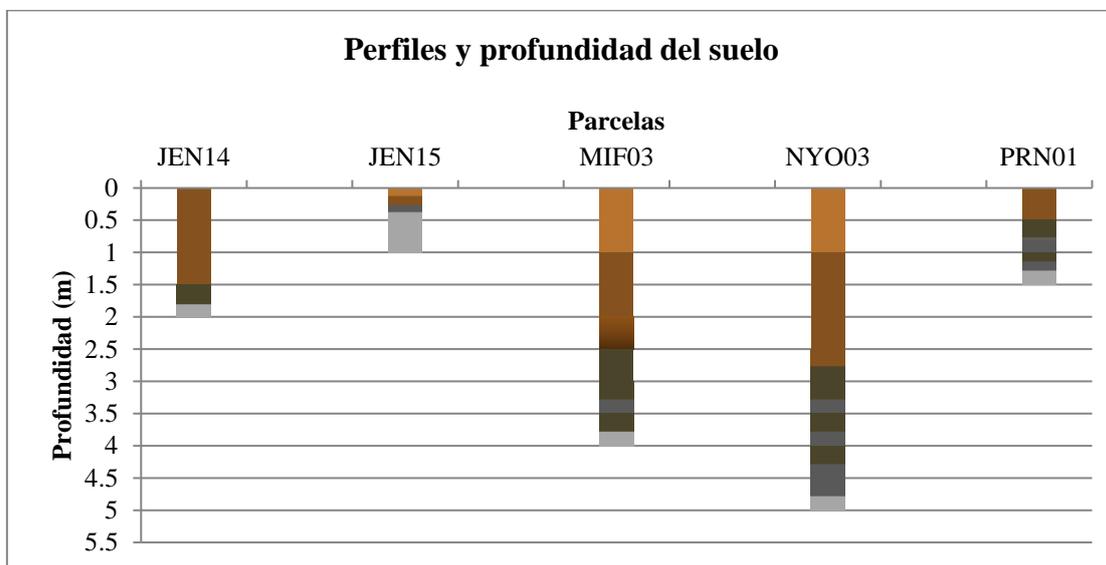
*Nota:* (A) correspondencia entre parcelas, (B) correspondencia para especies, (+) cruces rojas en el grafico B indican las principales especies presentes.

## 4.2. Suelo Orgánico del Bosque de Pantano

### 4.2.1. Caracterización física y profundidad del suelo orgánico.

En la Tabla 7 se presenta la caracterización física del suelo de las parcelas según las categorías propuestas en la Tabla N°3 de la metodología. Se describen por secciones de 50 cm desde el piso del bosque hasta llegar al suelo mineral. La descripción detallada se encuentra en el Anexo N°5 y N°6.

En el perfil de suelo de las parcelas se encontró que: La materia orgánica varía en coloración, composición y consistencia en función a la profundidad lo que indica una gradiente de descomposición desde la capa A hasta la capa C; posterior a ello, una transición entre turba y la arcilla representada en la Capa D y por último, el suelo mineral representado por la capa E. Las raíces van de mayor a menor presencia y grado de descomposición a través del perfil del suelo, las raíces neumatóforos son abundantes en la capa superficial en todas las parcelas estudiadas, la coloración rojiza es propia de restos vegetales de Aguajales y varillales.



**Figura 8: Representación gráfica del material de composición y profundidad del perfil de suelo de las parcelas**

**Tabla 8: Caracterización física del perfil del suelo orgánico cada 50 cm**

<b>Parcela</b>	<b>JEN14</b>	<b>JEN15</b>	<b>MIF03</b>	<b>NYO03</b>	<b>PRN01</b>
<b>Tipo de bosque</b>	<i>Aguajal</i>	<i>Aguajal</i>	<i>Varillal Hidromórfico</i>	<i>Varillal Hidromórfico</i>	<i>Aguajal</i>
<b>Profundidad promedio (cm)</b>	<i>136</i>	<i>28</i>	<i>387</i>	<i>463</i>	<i>126</i>
0-50	B++	A++/B/D/E	A+++	A+++	B++
50-100	B+	E	A++	A+++	C+/D
100-150	B+		B++	B++	C+/D/E
150-200	C/E		B+/C	B++	
200-250			C/D	B++	
250-300			C	B++/C	
300-350			D/C	C+/D	
350-400			D/E	C/D	
400-450				C/D	
450-500				D/C/E	

*Nota:* (+) Presencia de raíces.

Según Tabla 07 y su representación en la Figura 8, las parcelas de Aguajal (JEN14; JEN15 y PRN01) no presentan capa A, presentan una capa diferenciada de turba con descomposición media (capa B) y en menor proporción materia orgánica de alta descomposición (capa C). Solo en la parcela PRN01 se encontró turba arcillosa (capa D).

De igual modo, las parcelas de Varillales hidromórficos (MIR03 y NY03) se caracterizan por presentar la capa tipo A de materia orgánica superficial color rojizo con gran cantidad de raíces neumatóforos, entre otras raíces, con poco nivel de descomposición; también se encuentra material correspondiente a la capa C, con alta degradación de la MO y de coloración marrón oscura que se indica como turba. También se encontró en estos perfiles

turba arcillosa (capa D). Las parcelas en los varillales hidromórficos presentaron raíces hasta en los perfiles de 3,5 a 4 metros de profundidad (ver perfil fotográfico en Anexo N°10).

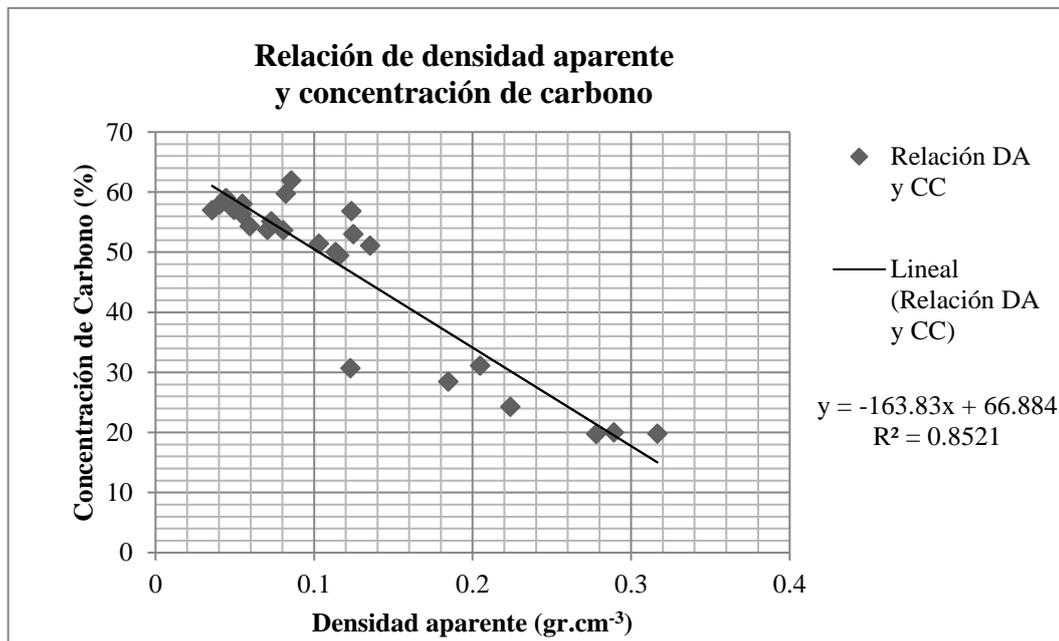
Lähteenoja *et al.* (2011a) describió perfiles del suelo orgánico en tres categorías visuales: turba (material orgánico consistente principalmente de vegetación parcialmente descompuesta); turba arcillosa (turba mezclada con sedimentos minerogénicos) y lodo depositario (principalmente de sedimentos minerogénicos). Ella agrupa como turba a las capas A, B y C, que nosotros distinguimos por presentar diferente nivel de descomposición, su propuesta se asemeja a las categorías encontradas bajo el análisis de DA y %C.

Respecto a la profundidad de los suelos de las turberas, las parcelas de Aguajal fueron poco profundas (entre 0,30m y 1,5m). Por el contrario, los Varillales hidromórfico son turberas profundas (entre cuatro y cinco metros, reportados en este estudio). Householder *et al.* (2012, p.8), encontró en transectos en turberas de Madre de Dios profundidades de 0,1m hasta nueve metros, promedio de  $2,54 \pm 1,84$  m (n=429), 10 por ciento de sus mediciones excedían los cinco metros, mientras que Lähteenoja (2011b, p.7) para su investigación de suelos recorrió los varillales hidromórficos y Aguajales en transectos y ha reportado suelos de turbera de hasta siete metros para la localidad de Aucayacu (Abanico del Pastaza). Así mismo reportó para puntos de muestreo en Nueva York y Miraflores los valores promedio y rangos de profundidad del suelo de 425cm (310-550) y 210 cm (0-360) respectivamente, muy similar a lo hallado en el presente estudio.

#### **4.2.2. Caracterización por densidad aparente y concentración de carbono.**

Para la determinación de la densidad aparente se procesó la totalidad de las muestras colectadas para ese fin (74 muestras). Sin embargo, a fin de reducir costos de laboratorio en las repeticiones de las muestras de concentración de carbono, se evaluó la similitud de las mismas (tres repeticiones para cada sección en las sub parcelas 1; 8 y 15). Se obtuvo hasta un 99 por ciento de similitud en las repeticiones; por consiguiente, se decidió unir las para extraer una sola muestra que represente la sección del perfil de 50 cm. Por tanto, al no presentar diferencia significativa los valores de densidad aparente y concentración de carbono indicamos que no es necesario el muestreo con repeticiones dentro de una misma parcela de 0,5 hectárea.

Si bien no es necesario la colecta de repeticiones para la determinación de DA y %C, si es necesario la exploración de la profundidad a diferentes puntos de la parcela por si existiese cambios en la fisiografía; esto se puede realizar con el uso de una probeta extensible según el requerimiento del perfil del suelo. Tal es el caso de la parcela JEN15, que se encuentra cerca de una restinga, ya que en su sub parcela 13 la primera capa era principalmente arcilla, impenetrable, por lo que no se obtuvo muestra. Del mismo modo, en las sub parcelas 1 y 8 las muestras colectadas presentaron altos valores de DA y bajo %C, correspondiente a la capa D y E. No se considera esta parcela como suelo orgánico/turbera.



**Figura 9: Relación de densidad aparente y concentración de carbono por parcela**

Al analizar la relación entre la densidad aparente y la concentración de carbono de las secciones del perfil del suelo, se observa una correlación inversa (pendiente negativa), esto se muestra en la Figura 11. Tal como indicó Page *et al.* (2011), que densidad aparente bajas están asociadas con altos contenido de carbono y viceversa; densidad aparente altas están asociadas con altos contenidos minerales y bajos contenido de carbono.

**Tabla 9: Resumen de los rangos de DA y porcentaje de carbono del perfil del suelo orgánico**

Capa	Material	N	DA (gr/cm <sup>3</sup> )	C (%)	R <sup>2</sup>
A, B, C	MO y turba	45	0,02 – 0,19	49,43 – 61,95	0,1859
D	Turba arcillosa	17	0,10 – 0,45	19,74 a 31,11	0,5576
E	Arcilla	4	0,51 – 0,82	5,18 a 19,89	0,906

*Nota:* Suelo mineral se considera a todo lo que tenga menos del 20 por ciento de carbono.

La densidad aparente varía en función a la profundidad, presenta valores bajos en las primeras secciones (materia orgánica porosa con bastante presencia de raíces y agua) y altos en la turba arcillosa (materia orgánica compactada con franjas de arcilla) y arcilla. Por el contrario, los valores de concentración de carbono van disminuyendo desde la superficie hasta la capa arcillosa. Así se puede ver en la Tabla 8, el comportamiento en conjunto las capas A, B y C que presentan valores de densidad aparente de 0,02 a 0,19 gr/cm<sup>3</sup> y concentración de carbono sobre el 49,43 por ciento a 61,95 por ciento. La capa D, la turba arcillosa, tiene mayor densidad aparente, entre 0,1 a 0,45 gr/cm<sup>3</sup>, y menor concentración de carbono entre 19,74 a 31,11 por ciento; por último, la capa E, arcilla, que presenta una densidad aparente diferenciada muy alta de 0,51 a 0,82 gr/cm<sup>3</sup> y muy baja concentración de carbono de 5,18 a 19,89 por ciento, lo que confirma su carácter mineralógico. En resumen, la Tabla 8 nos indica, que si bien existen cinco capas físicamente diferentes (A, B, C, D y E), el comportamiento de densidad aparente y concentración de carbono los agrupa en tres que indicaremos como turba, turba arcillosa y arcilla. Para fines de cálculo de *stock* del suelo orgánico solo se consideran las dos primeras.

Los gráficos de los resultados de DA y %C para los dos tipos de formaciones boscosas se muestran en las Figuras N°10 y N°11, ahí podemos observar que los valores de DA y %C no varía entre las formaciones de Aguajal y Varillal hidromórfico, sino varia dentro de la

profundidad del mismo suelo a través de los perfiles, es por esta razón que se realizó el cálculo del *stock* de carbono por capas dentro del perfil del suelo.

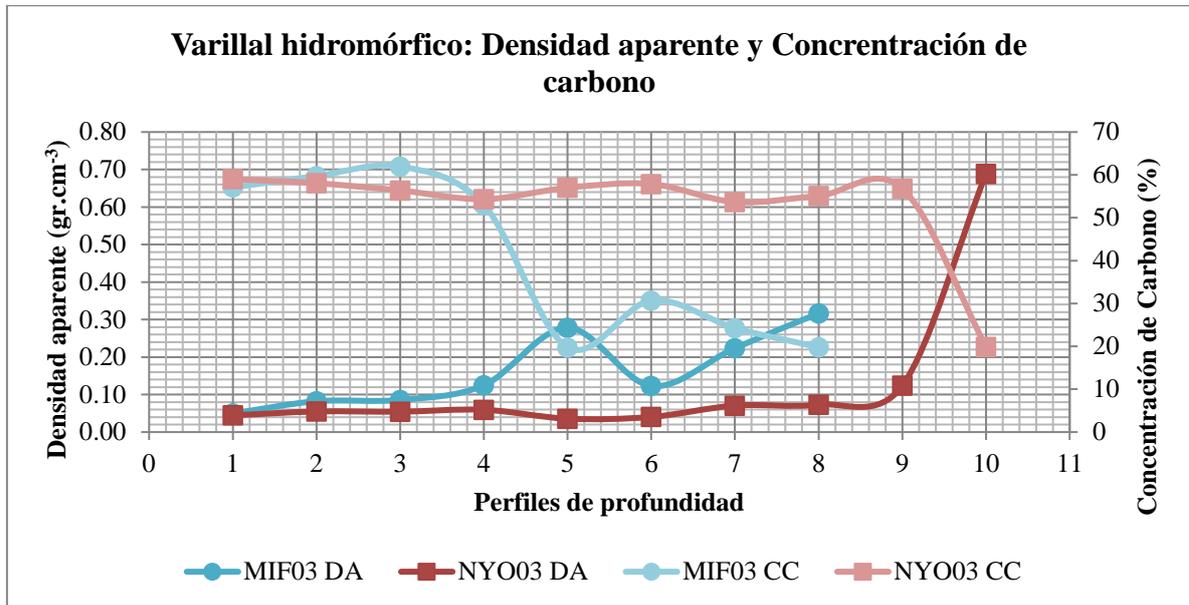


Figura 10: Distribución de la densidad aparente y concentración de carbono en un Varillal hidromórfico.

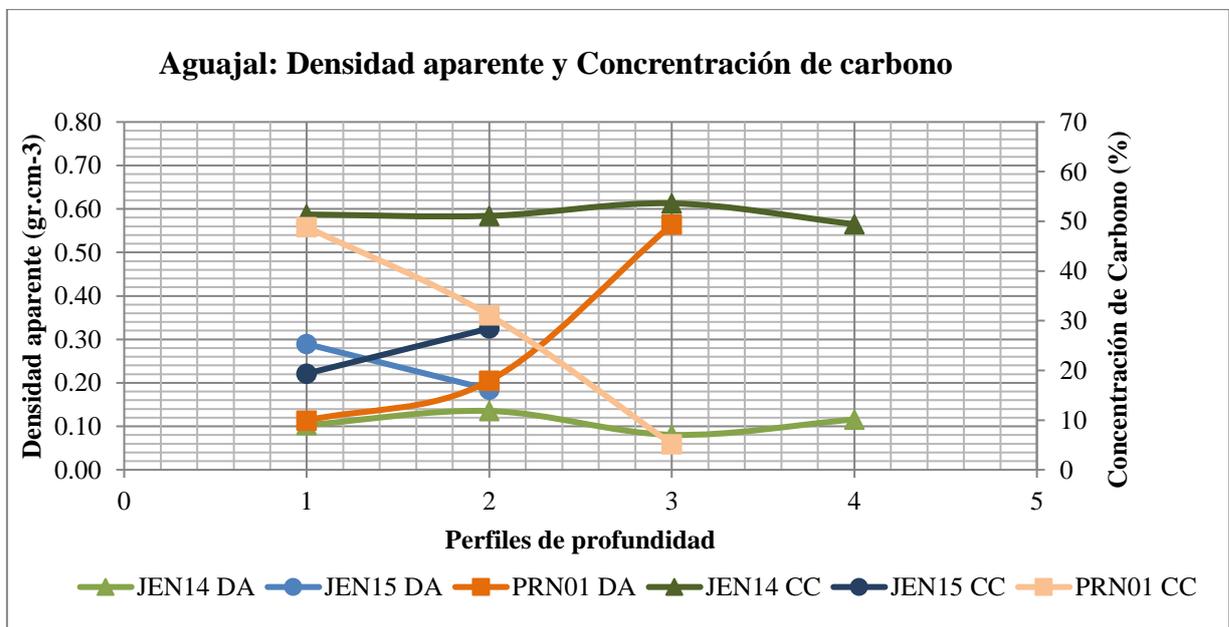


Figura 11: Distribución de la densidad aparente y concentración de carbono en un Aguajal.

Como observación, se encontró en los suelos de MIR03 capas de turba arcillosa, capa D, entre 2 a 2,5 m (minerogénicos) que fue notorio en todas las subparcelas esto se notó por la densidad aparente y concentración de carbono. Sin embargo, en los suelos de NY03 a pesar de que fue notoria físicamente la capa D en las secciones de 3,5 a 4m, los resultados de DA y %C no afirman que haya una presencia de turba arcillosa para esas capas.

Así mismo, Lähteenoja (2011b) que recorrió los varillales hidromórficos en transectos para su investigación logró coleccionar la siguiente información: Nueva York promedio de DA  $0,057 \text{ g cm}^{-3}$  (0.021-0.167); %C de 52 por ciento (46-55). Para Miraflores valores promedio de DA  $0,084 \text{ g cm}^{-3}$  (rango de 0,015-0,151); %C de 50 por ciento (34-56). Similares a los valores encontrados y mostrados en la Tabla 9.

Sobre los valores de densidad aparente y concentración de carbono en el perfil, Page *et al.* (2011), indica que en ausencia de suficiente información de la DA de la turba a lo largo de los trópicos usamos una estimación más acercada de  $0,09 \text{ g cm}^{-1}$ . También indica Page *et al.* (2011) que es difícil obtener data de primera mano de densidad aparente, la mayoría de la información publicada provee solo rangos, hay pocos valores individuales, promedios y desviaciones estándar, los rangos indican valores extremos altos y bajos y no proveen detalles de la variación de la DA a través del perfil de la turbera.

**Tabla 10: Profundidad, densidad aparente y concentración de carbono para los sitios en estudio.**

PPM	Profundidad del Suelo			Densidad Aparente				Concentración de Carbono			
	Orgánico (cm)			(gr/cm <sup>3</sup> )				(%)			
	Mín.	Máy.	Prom.	Mín.	Máy.	Prom.	Desvest.	Mín.	Máy.	Prom.	Desv est.
JEN14	90,00	171,00	136,00	0,06	0,18	0,11	0,03	49,43	54,57	52,18	2,34
JEN15	28,00	28,00	28,00	0,18	0,18	0,18		28,45	28,45	28,45	
MIR03	377,00	397,00	387,00	0,04	0,32	0,13	0,08	19,74	61,95	43,80	18,17
NYO03	450,00	482,00	463,00	0,02	0,14	0,06	0,03	53,68	59,02	56,73	1,89
PAR01	93,00	145,00	126,00	0,09	0,22	0,15	0,05	31,11	53,98	42,54	16,17

#### 4.2.3. Estimación del almacenamiento de carbono en el suelo.

El rango encontrado del almacenamiento de carbono para los bosques pantanosos es amplio, de 75,00 a 1595,38 Mg C ha<sup>-1</sup> (Tabla 10). En las formaciones de suelos de los Aguajales en JEN15, JEN14, y PAR01 se encontraron reservas de 75,00; 758,02; 605,46 Mg C ha<sup>-1</sup>, respectivamente; y reportamos valores aún mayores para los varillales hidromórficos de MIF03y NYO03, con 1595,38; 1522,83 Mg C ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Los varillales presentan significativamente mayor acumulación de turba y esto es debido a la mayor profundidad de sus suelos, que está directamente relacionado con la acumulación de la materia orgánica en el tiempo. Esto es ampliamente mayor a los suelos poco profundos de los también Varillales, pero en un suelo de arena blanca presentes en la R.N. Allpahuayo Mishana y a los 30 cm de profundidad del suelo promedio de bosque tropical, es por esta razón que existen metodologías estandarizadas de cuantificación de carbono que evalúan solo el primero metro de profundidad, como es el caso de la metodología estandarizada de USGS usada por CIFOR – SWAMP, entre otros.

Los valores bajos de stock de carbono del suelo de Aguajales se registraron también por Draper *et al.* (2014) en la zona de estudio; donde registró el COS de los varillales sobre los aguajales, de 1340,21 Mg C ha<sup>-1</sup> sobre 747,51 Mg C ha<sup>-1</sup> respectivamente.

García *et al.* (2014) por su parte, reportó el almacenamiento del suelo en Aguajales de zona alta y baja de la cuenca del Río Aguaytía en la región Ucayali, en  $3,78 \pm 1,28$  Mg C ha<sup>-1</sup> en la zona alta y  $197,86 \pm 89,32$  Mg C ha<sup>-1</sup> para la zona baja. Estos son valores bajos respecto a los encontrados en este estudio, más es necesario mencionar que su metodología evaluó solo 50 cm del suelo orgánico. Por su parte, Guzmán (2005), en su estudio de Aguajales en Ucayali, indica que estos estarían proporcionando los más altos beneficios por captura de carbono que cualquier otro ecosistema siendo el suelo el componente que mayor almacenamiento de carbono presenta con 532 a 631 Mg C ha<sup>-1</sup>.

Aunque dichos autores utilizan un método distinto para calcular el *stock*, el método de cálculo usado en el presente estudio, por sumas de las secciones, es una manera más precisa de cálculo ya que un valor promedio para cada sitio daría *stocks* altos debido a los valores altos de DA de la turba arcillosa y su bajo porcentaje de carbono. En referencia a esto, Draper

*et al.* (2014) indica que la fuente de la mayor incertidumbre para los cálculos de *stock* en suelo son la variación de la profundidad y la densidad aparente de turba.

**Tabla 11: Resultados para profundidad, densidad aparente, concentración de carbono y carbono orgánico del suelo calculado por cada sección del perfil del suelo.**

Sitio	Parcela	Tipo de bosque	Perfil	N° de perfil	N° de muestras por perfil	DA promedio (gr.cm-3)	Concentración de Carbono (%)	Profundidad promedio (cm)	COS por perfil (Mg C/ha)	COS (Mg C/ha)
Iricahua	JEN14	Aguajal	0-50	1	3	0,10	54,57	136,00	272,45	758,02
			50-100	2	3	0,13	51,11		334,99	
			100-150	3	2	0,08	53,62		150,58	
			150-200	4	1	0,11	49,43			
Sapüena	JEN15	Aguajal	0-50	1	2	0,28	21,12	12,67	75,00	75,00
			50-100	2	1	0,18	28,449			
Miraflores	MIF03	Varillal hidromórfico	0-50	1	3	0,05	57,23	387,00	137,51	1663,77
			50-100	2	3	0,08	59,73		237,52	
			100-150	3	3	0,08	61,95		257,04	
			150-200	4	3	0,12	52,98		320,10	
			200-250	5	3	0,27	19,74		265,76	
			250-300	6	3	0,12	30,69		182,78	
			300-350	7	3	0,22	24,27		263,06	
			350-400	8	3	0,31	19,79			
Nueva York	NYO03	Varillal hidromórfico	0-50	1	3	0,04	59,02	476,00	127,15	1522,83
			50-100	2	3	0,05	58,37		155,21	
			100-150	3	3	0,05	58,23		153,23	
			150-200	4	3	0,06	54,50		156,76	
			200-250	5	3	0,03	57,00		98,43	
			250-300	6	3	0,04	57,87		113,07	
			300-350	7	3	0,07	53,68		183,54	
			350-400	8	3	0,07	55,11		195,12	
			400-450	9	3	0,12	56,80		340,33	
			450-500	10	3	0,67	19,89			
Parinari	PRN01	Aguajal	0-50	1	3	0,11	53,98	126,00	296,93	605,46
			50-100	2	3	0,20	31,11		308,54	
			100-150	3	2	0,55	5,18		73,54	

### 4.3. Estimación del Almacenamiento de Carbono Aéreo

Los varillales hidromórficos presentan un rango de almacenamiento de carbono aéreo de 119,03 a 126,73 Mg ha<sup>-1</sup>; y 39,78 a 121,57 Mg ha<sup>-1</sup> para los Aguajales. VEN05 y VEN04 presentan baja cantidad de carbono aéreo, con 39,78 Mg ha<sup>-1</sup> y 43,95 Mg ha<sup>-1</sup>; estas parcelas presentan bajo número de individuos en comparación a otros Aguajales y se encuentran cerca al pantano abierto.

Otros autores como García *et al.* (2012) reportaron para Aguajales en la cuenca del río Aguaytía,  $96,33 \pm 15,16$  Mg C ha<sup>-1</sup> para carbono aéreo en la zona baja y de  $51,28 \pm 16,29$  Mg C ha<sup>-1</sup> en la zona alta; similar al reporte existente para biomasa aérea de Aguajales densos descritos por Freitas *et al.* (2006) en la R.N. Pacaya Samiria que reportó 108,81 Mg C ha<sup>-1</sup>, quien explica que estas variaciones podrían ser atribuidas a diferencias en la calidad de sitio de tipo topográfico y de precipitación, así como a la mayor exposición de este ecosistema a actividades antrópicas.

Draper F. *et al.* (2014) registra en biomasa aérea para Aguajales en 94,84 Mg ha<sup>-1</sup> y para Varillal hidromórfico 81,39 Mg ha<sup>-1</sup>. Asimismo, indica que los varillales son poco abundantes como formaciones y que en la cuenca del Pastaza - Marañón solo se encuentran 3 686 km<sup>2</sup> en contraste a 27 732 km<sup>2</sup> de los Aguajales.

Asner *et al.* (2014) reporta 150 Mg C ha<sup>-1</sup> en los bosques amazónicos húmedos de selva baja del noreste. La densidad media de carbono para todos los bosques peruanos es de 99,3 Mg C ha<sup>-1</sup>, y la máxima densidad registrada es de 167,6 Mg C ha<sup>-1</sup>. Para Loreto indica  $98,8 \pm 29,4$  Mg C ha<sup>-1</sup>. Por su parte, Page *et al.*, (2006) reporta para biomasa sobre el suelo de bosques de pantanos de turbera 100–150 t C ha<sup>-1</sup>.

Para Bhomia *et al.* (2018, p.2), sus mediciones de carbono en Mg C ha<sup>-1</sup> y la hojarasca del suelo corresponden a 2,3–7,8, leño muerto 2,1–23,1, mientras que la vegetación 45,6–122,5 y el suelo todo el ecosistema contiene 670, 1 160, and 330 Mg C ha<sup>-1</sup> en las cuencas del Itaya, Tigre y Samiria respectivamente.

Indica (Draper *et al.*, 2014) que a pesar de que las raíces finas forman parte de la matriz de la turba y son incorporadas en nuestras estimaciones de Carbono orgánico del suelo (BGC, *Below ground carbon*), la biomasa de raíces gruesas no fue incluida en nuestro análisis. Es necesario realizar mayor investigación sobre el volumen y biomasa de raíces gruesas en estos ecosistemas para generar información que ayude a resolver esta incertidumbre. Aunque García *et al.* (2012) encontraron que, para los dos tipos de Aguajales evaluados, la necromasa fue el depósito con menos carbono total en comparación con el carbono aéreo y el del suelo.

**Tabla 12: Resumen del almacenamiento de carbono aéreo y carbono orgánico del suelo (COS)**

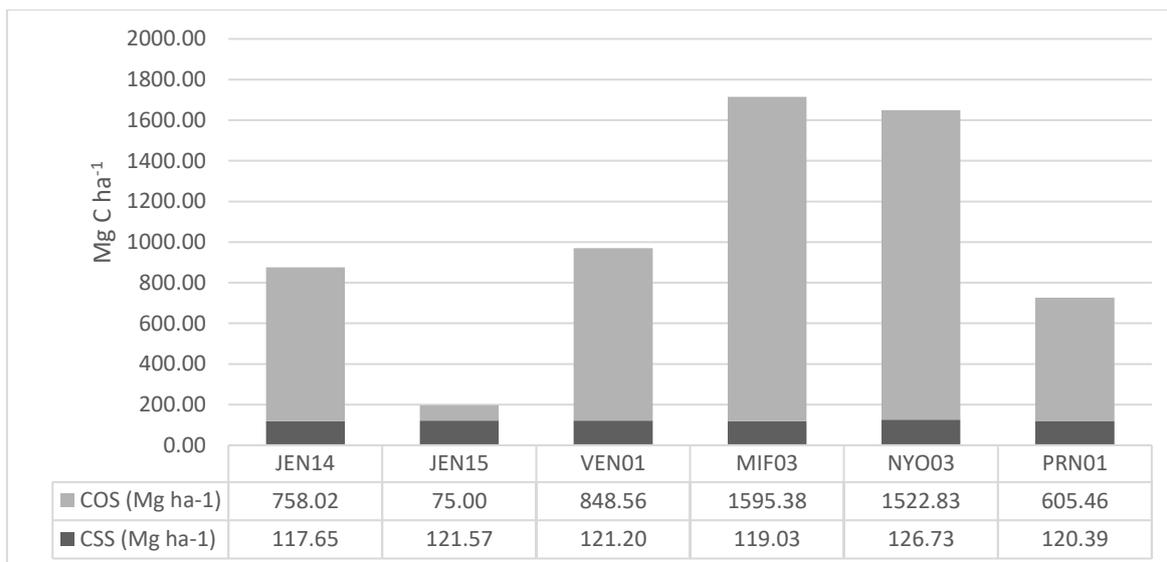
Tipo de formación boscosa	Código parcela	Carbono aéreo	Carbono Orgánico del Suelo	Carbono total	COS del C total
		(Mg C ha <sup>-1</sup> )	(Mg C ha <sup>-1</sup> )	(Mg C ha <sup>-1</sup> )	(%)
Aguajal	JEN14	117,65	758,02	875,66	86,56
Aguajal	JEN15	121,57	75,00	196,57	38,16
Aguajal	VEN01	121,20	848,56*	969,76	87,50
Aguajal	VEN02	85,04	-	-	-
Aguajal	VEN03	67,59	-	-	-
Aguajal	VEN04	43,95	-	-	-
Aguajal	VEN05	39,78	-	-	-
Varillal hidromórfico	MIF03	119,03	1595,38	1714,41	93,06
Varillal hidromórfico	NYO03	126,73	1522,83	1649,56	92,32
Aguajal	PRN01	120,39	605,46	725,86	83,41

Nota: (\*) Obtenido de los valores de Draper *et al.* (2014).

**Tabla 13: Datos comparativos de almacenamiento en carbono aéreo, del suelo y total para la zona de estudio**

<b>Región</b>	<b>C aéreo</b> (Mg C ha <sup>-1</sup> )	<b>COS</b> (Mg C ha <sup>-1</sup> )	<b>C total</b> (Mg C ha <sup>-1</sup> )	<b>Fuente</b>
Bosques de <i>terra firme</i> , Cuenca Amazónica	120	–	–	Baker <i>et al.</i> (2004)
Bosques amazónicos húmedos de selva baja del noreste	150	–	–	Asner <i>et al.</i> (2014)
Aguajales zona baja, cuenca del río Aguaytía, Ucayali	96,33 ± 15,16	–	–	García <i>et al.</i> (2012)
Aguajales zona alta, cuenca del río Aguaytía, Ucayali	51,28 ± 16,29	–	–	García <i>et al.</i> (2012)
Pantanos de turbera	100–150	–	–	Page <i>et al.</i> (2006)
Aguajales densos, Pacaya Samiria, Loreto	108,81	–	–	Freitas <i>et al.</i> (2006)
Aguajal, Ucayali	–	532 – 631	–	Guzmán (2005)
Aguajal, Buena Vista del Maquía, Loreto	–	401,28 <sup>1</sup>	–	Lähteenoja <i>et al.</i> (2011c)
Varillal hidromórfico, Nueva York, Loreto	–	1259,70 <sup>1</sup>	–	Lähteenoja <i>et al.</i> (2011c)
Pantano abierto, Loreto	–	663	–	Draper <i>et al.</i> (2014)
Aguajal de aguas negras, Loreto	100,9 ± 7,7	747,51	848,41± 550 <sup>3</sup>	Draper <i>et al.</i> (2014)
Varillal hidromórfico, Loreto	81,39	1340.21	1391 ± 710	Draper <i>et al.</i> (2014)
Aguajales de Cuencas Itaya, Tigre y Samiria, Loreto	45,6–122,5	–	670, 1160, y 330 <sup>2</sup>	Bhomia <i>et al.</i> (2018)
Aguajal, Loreto	117,65 – 121,57	75,00 - 758,02	196,57 - 875,660	Presente estudio
Varillal hidromórfico, Loreto	119,03 – 126,73	1522,83 - 1595,38	1649,56 - 1714,41	Presente estudio

*Nota:* <sup>1</sup>Resultados en base a cálculos de valores promedio de sus datos presentados en Lähteenoja *et al.* (2011c, p. 7). <sup>2</sup>Cuencas de Itaya, Tigre y Samiria respectivamente Bhomia *et al.* (2018). <sup>3</sup>Obtenido del gráfico *Above and below ground carbon density* de Draper *et al.* (2014, p.5).



**Figura 12: Almacenamiento de carbono sobre el suelo y carbono orgánico del suelo de las parcelas incluido VEN01.**

Respecto al carbono total para los sitios de estudio, encontramos que el Varillal hidromórfico es el ecosistema identificado como más carbono denso. Donde el suelo representa el 93,06 y 92,32 por ciento; mientras los aguajales el 83,41 y 87,50 por ciento. Draper *et al.* (2014) indica que el 90 por ciento del total del carbono almacenado se encuentra en el suelo para la región en estudio. Page *et al.* (2011), indica que el suelo almacena el 50 por ciento en Indonesia y el 60 por ciento en Malasia, países donde las turberas ocupan una significativa proporción del área, 10,8 por ciento y 7,9 por ciento del territorio respectivamente.

García *et al.* (2012) muestran que el carbono almacenado en el suelo en los ecosistemas en terrenos bajo (aguajales en zona baja) supera la cantidad de C que en aguajales de terrenos altos, esto se explica porque las condiciones de zona alta generan una rápida pérdida de materia orgánica en el suelo al ser ésta lixiviada y es arrastrada hacia las quebradas y ríos por la precipitación pluvial, no posibilitando un ambiente anaerobio propicio para retardar la descomposición de la materia orgánica, hecho que si ocurre en la mayor parte aguajales de la zona baja de la cuenca del río Aguaytía.

#### **4.4. Dinámica del Bosque de Pantano**

Los resultados de las tasas de mortalidad, reclutamiento y tasa de recambio se muestran para las parcelas JEN14, JEN15, VEN01, VEN02, VEN03, VEN04 y VEN05 que son las que se evaluaron en dos periodos distintos. Todos los sitios evaluados corresponden al bosque de pantanos de tipo Aguajal. Los resultados se muestran en la Tabla 14: Resultados de Dinámica Forestal. Se aplicó la tasa de corrección por variación del intervalo censal propuesto por Lewis *et al.* (2004)

Debido a que el principal parámetro de medición para estimación de biomasa en palmeras es la altura, pero esta es sensible a cambios de uso del tipo de instrumento o error humano, este es el motivo por el cual no se utiliza biomasa en los cálculos de la dinámica. Esta aclaración es importante debido a que en estos ecosistemas la familia Arecaceae es la dominante.

##### **4.4.1. Tasa anual de mortalidad de individuos.**

La tasa anual de mortalidad expresada en número de individuos varía de 1,76 a 5,41 por ciento. Las parcelas VEN01 y VEN02 tuvieron los valores más altos de mortalidad, 5,41; 5,32 respectivamente, mientras que los más bajos los obtuvieron las parcelas JEN15 y JEN14 con 1,76 y 2,85 por ciento respectivamente.

Respecto a la tasa anual de mortalidad, todas las parcelas evaluadas presentan «mortalidad de trasfondo» (valores menores a cinco por ciento anual) que es aquella que no registra fuertes perturbaciones ni cambios significativos en el bosque. De acuerdo con Lugo y Scatena (1996), existe tanto la «mortalidad de trasfondo» que es menor a cinco por ciento anual, y la «mortalidad catastrófica» que es mayor a cinco por ciento anual.

Estudios realizados en parcelas amazónicas de RAINFOR en bosques tropicales de Brasil, Ecuador, Perú y Venezuela obtienen rangos de tasas anuales de mortalidad de 0,37 por ciento hasta 3,97 por ciento (Lewis *et al.*, 2004). Mientras que, en los bosques húmedos neotropicales de selva baja de Brasil, Ecuador, Perú y América Central se obtuvieron rangos de tasas de mortalidad que van desde 0,70 por ciento hasta 3,16 por ciento (Nebel *et al.*, 2000). La tasa anual de mortalidad de cuatro parcelas (VEN01, VEN02, VEN03 y VEN04)

se encuentran por encima de estos valores, lo que sugiere que este bosque presenta ciertas perturbaciones o una alta dinámica propia que elevan la mortalidad, la cual ha llegado a valores considerados «mortalidad catastrófica» para los casos de VEN01 y VEN02 (ver Tabla 14).

Cabe indicar que las parcelas JEN14 y JEN15 son áreas con poca intervención para el aprovechamiento del aguaje, aunque presentaban al aguaje como una de sus principales especies con IVI del 133,27 y 60,55 por ciento, respectivamente. De otro lado, las parcelas de la localidad Veinte de enero (VEN-) si eran parcelas cercanas a una comunidad de aprovechamiento sustentable (con escalada) de aguaje, aunque se encontraron estípites de aguaje tumbados también de una datación que no se pudo identificar.

**Tabla 14: Tabla comparativa de tasas de mortalidad**

Ubicación	Rangos de Tasa anual de mortalidad (%)		Fuente
	Mínimo	Máximo	
Parcelas RAINFOR Brasil	0,37	2,19	Lewis <i>et al.</i> (2004)
Parcelas RAINFOR Ecuador	1,08	2,74	Lewis <i>et al.</i> (2004)
Parcelas RAINFOR Perú	1,03	3,97	Lewis <i>et al.</i> (2004)
Amazonia de Brasil	1,16	1,84	Nebel <i>et al.</i> (2000)
Amazonia de Ecuador	1,05	3,08	Nebel <i>et al.</i> (2000)
Amazonia de Perú	0,70	3,16	Nebel <i>et al.</i> (2000)
América Central y el Caribe	1,09	3,02	Nebel <i>et al.</i> (2000)
Bosque de pantanos, Loreto	1,76	5,41	Presente estudio

**Tabla 15: Resultados de dinámica forestal de las parcelas permanentes.**

Código de parcela	Censo 1	Censo 2	Interv. de monitoreo	Censo 1	Total ind.	Censo 2	Total ind.	Mortalidad	Reclutamiento	rm	rm Corr.	rr	rr Corr.	tr
			(años)		(ind.)		(ind. ha <sup>-1</sup> )							
1 JEN14	2009,12	2014,92	5,8	202	404	222	444	27	47	2,47	2,85	4,10	4,72	3,78
2 JEN15	2009,13	2014,76	5,64	254	508	261	522	21	28	1,53	1,76	2,01	2,31	2,03
3 VEN01	2009,54	2014,8	5,25	277	554	250	500	61	34	4,74	5,41	2,78	3,18	4,29
4 VEN02	2009,55	2014,79	5,24	346	692	333	666	75	62	4,66	5,32	3,93	4,49	4,91
5 VEN03	2012,53	2014,78	2,25	251	502	258	516	22	29	4,08	4,35	5,30	5,65	5,00
6 VEN04	2012,52	2014,78	2,26	305	610	293	586	30	18	4,58	4,89	2,81	2,99	3,94
7 VEN05	2012,52	2014,78	2,26	247	494	254	508	15	22	2,77	2,96	4,01	4,28	3,62
8 MIF03	2014,8	-	-	537	1074	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9 NYO03	2014,82	-	-	446	892	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> <sub>0</sub> PRN01	2014,83	-	-	307	614	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Nota:* Se muestran los parámetros de evaluación de la dinámica del bosque y información básica de las parcelas como: fechas de evaluación, periodo de monitoreo, cantidad de individuos de cada censo, mortalidad, reclutamiento; tasa de mortalidad (rm), tasa de mortalidad corregida (rm corr), tasa de reclutamiento(rr), tasa de reclutamiento corregida (rr corr) y tasa de recambio (tr).

#### 4.4.2. Tasa anual de reclutamiento de individuos.

La tasa anual de reclutamiento expresada en número de individuos varía de 2,31 a 5,65 por ciento. Las parcelas JEN14; VEN03 y VEN05 tuvieron los valores más altos de reclutamiento de 4,72; 5,65 y 4,24 respectivamente; mientras los más bajos dentro de las parcelas evaluadas las obtuvieron JEN15 y VEN01 con 2,31 y 3,18 respectivamente.

Estudios realizados en parcelas amazónicas de RAINFOR en bosques tropicales de Brasil, Ecuador, Perú y Venezuela obtienen rangos de tasas anuales de reclutamiento que van desde 0,35 hasta 4,64 por ciento (Lewis *et al.*, 2004). Mientras que, en los bosques húmedos neotropicales de selva baja de Brasil, Ecuador, Perú y América Central se obtuvieron rangos de tasas de mortalidad que van desde 0,81 hasta 4,57 por ciento. (Nebel *et al.*, 2000). La tasa de reclutamiento de nuestras parcelas tiene un valor dentro de lo reportado para el país. Las parcelas JEN14, VEN02 y VEN05 registran datos superiores a los reportados por RAINFOR, estos son mayor a 3,90 por ciento; siendo VEN03 la parcela que muestra un reclutamiento muy alto de 5,65 por ciento. Es decir que los bosques de pantano de este estudio tienen valores promedios a valores altos de reclutamiento según lo descrito por otros autores.

**Tabla 16: Cuadro comparativo de tasas de reclutamiento**

Ubicación	Rangos de tasa anual de reclutamiento (%)		Fuente
	Mínimo	Máximo	
Parcelas RAINFOR Brasil	0,35	4,64	Lewis <i>et al.</i> (2004)
Parcelas RAINFOR Ecuador	1,14	2,97	Lewis <i>et al.</i> (2004)
Parcelas RAINFOR Perú	1,36	3,90	Lewis <i>et al.</i> (2004)
Amazonia de Brasil	0,81	0,91	Nebel <i>et al.</i> (2000)
Amazonia de Ecuador	1,63	3,12	Nebel <i>et al.</i> (2000)
Amazonia de Perú	0,96	4,57	Nebel <i>et al.</i> (2000)
América Central y el Caribe	0,90	4,48	Nebel <i>et al.</i> (2000)
Bosque de pantanos, Loreto	2,01	5,30	Presente estudio

El reclutamiento junto con la mortalidad constituye uno de los aspectos más importantes de la dinámica de una población indica Quesada *et al.* (2012). Para este estudio, las tasas de mortalidad y reclutamiento en la mayoría de las parcelas de bosque de pantano presentan valores altos, entre 2,47 a 4,73 por ciento para mortalidad y 2,81 a 5,30 por ciento para reclutamiento. Solo la parcela JEN15, indicado como perteneciendo al bosque de terraza baja (Freitas, 1996b) ha presentado valores menores a las otras parcelas muy dinámicas de aguajales de aguas negras con 1,53 y 2,01 por ciento para mortalidad y reclutamiento, respectivamente. Lo que nos indica que su comportamiento siendo un tipo de aguajal sigue difiriendo de la composición, suelo orgánico y comportamiento en dinámica.

En estados maduros y para bosques zonales, se ha observado que las tasas de mortalidad y reclutamiento son bajas (menores a las registradas en Perú obtenidas) y ambas tienden a ser muy similares (Quinto *et al.*, 2009), es decir que en estos bosques existe un equilibrio entre mortalidad y reclutamiento. La alta dinámica de los bosques pantanosos en número de individuos nos sugiere que no son bosques maduros o podrían estar recuperándose posiblemente del impacto antrópico.

Cabe mencionar que los bosques de pantanos pasan por procesos de sucesión en cientos a miles de años cambiando de pantanos abiertos a aguajales y la sucesión tardía representada por el Varillal hidromórfico o *pole forest* como indica Kelly *et al.* (2017). Es posible que el alto dinamismo del bosque explicaría la capacidad de incrementar el input de materia orgánica al suelo que luego se acumula como turba. Sin embargo, cabe resaltar que esta alta dinámica podría ser también una respuesta posterior a la tumba del aguaje en años anteriores, aunque ahora solo se sube a las palmeras para cosechar los frutos dentro de la reserva.

Por su parte, Londoño y Jiménez (1999) indican que los intervalos de tiempo en que son evaluadas también pueden ser otra fuente de variación. Las tasas de mortalidad y reclutamiento reportadas para cortos intervalos de tiempo, como en el presente estudio, pueden ser superiores que las obtenidas en evaluaciones de mayor duración (p.e. cuatro y cinco años). Esto se observa en nuestro estudio dado que tenemos dos periodos intercensales de cinco y 2,2 años y la mortalidad desde cuatro por ciento. Sin embargo, hemos aplicado la corrección por variación del intervalo censal como fue propuesto por Lewis *et al.* (2004).

#### 4.4.3. Tasa de recambio de individuos.

En la tasa de recambio, los rangos encontrados para las parcelas en estudio son de 2,03 a 5,00 por ciento. En las parcelas JEN14, JEN15, VEN 03 y VEN 05 la tasa de reclutamiento es más alta que la tasa de mortalidad, lo que sugiere que el bosque presenta un incremento en su densidad arbórea y una buena capacidad de regeneración. Sin embargo, en las parcelas que muestran altas tasas de mortalidad llegando a la categoría «catastrófico» en dos de ellos (VEN01, VEN02), sus tasas de reclutamiento son menores, lo que sugiere un incremento bajo de su densidad arbórea y posiblemente algún tipo de disturbancia externa.

Considerando que todas las parcelas para las que evaluamos la dinámica son Aguajales, puede verse que el comportamiento para el recambio es distinto. Siendo JEN15 que presenta datos de dinamismo similares a un bosque de llanura amazónica según datos reportados para Nebel *et al.* (2000).

Dado los altos valores de dinámica de la mayoría de las parcelas, estos concuerdan con lo indicado por Phillips y Gentry (1994), quienes también afirmaron que cuanto más rápido crece un bosque, más rápido morirán sus árboles y más rápida será la tasa de recambio. Cabe mencionar que la tasa de recambio determina la dinámica del bosque e indirectamente podría condicionar la diversidad de especies que pueda contener un área dada (Pallqui *et al.*, 2014)

Lewis *et al.* (2004) indican que recientes análisis de la Amazonia han mostrado que las tasas de crecimiento, reclutamiento y mortalidad se han incrementado simultáneamente dentro de las mismas parcelas sobre los 80 y 90s así como la biomasa neta sobre el suelo, ambas en áreas en gran parte no afectadas y en aquellas fuertemente afectadas por los fenómenos como el Niño (Baker *et al.*, 2004; Lewis *et al.*, 2004; Phillips *et al.*, 2004). Los factores que potencialmente explican este amplio y simultáneo cambio podrían ser objeto de investigaciones detalladas. Mas generalmente, mientras las evidencias aumentan que los ecosistemas están respondieron al cambio global, particularmente al incremento de las concentraciones del dióxido de carbono en la atmósfera, ingresos de nitrógeno, aumento de la temperatura, cambio en los patrones de lluvias, demasiada información ecológica puede resultar difícil de interpretar sin considerar el sitio donde sucedieron.

#### 4.4.4. Tasa de mortalidad y reclutamiento por especie.

Se presenta los resultados de tasas de mortalidad y reclutamiento de las especies más representativas de cada parcela permanente de muestreo, con un índice valor de importancia mayor al 150 por ciento.

Las especies que presentan altas tasas de mortalidad (cercano al cinco por ciento) son: *Mauritiella armata* con 7,95 por ciento (VEN04) y 7,92 por ciento (VEN05); *Ilex andariensis* con 5,01 por ciento (VEN05), 9,91 por ciento (VEN03) y 16,28 por ciento (VEN04); por último, a *Euterpe precatória* con 20,91 y 44,40 por ciento para VEN01 y VEN02 respectivamente. En el caso de *Euterpe precatória*, es posible que haya existido algún evento catastrófico como causal de las tasas de mortalidad tan altas, podría estar asociada a una causa antrópica dado que su estípote es de amplio uso en las comunidades ribereñas en Loreto.

Las especies que presentan tasas de reclutamiento altas son: *Virola pavonis* con 5,80 por ciento (JEN15), *Socratea exorrhiza* 5,79 por ciento (VEN02), *Tabebuia insignis* con 6,59 (VEN03), 7,61 (VEN04) 9,48 (VEN05); *Ilex andariensis* con 6,85 (VEN03) 4,67 (VEN04); *Mauritiella armata* con 4,92 por ciento (VEN05) y *Euterpe precatória* con 20,91 por ciento (VEN01), 39,67 por ciento (VEN02); estas especies presentan muy buena regeneración.

Especies que presentan altas tasas de mortandad y reclutamiento, especies muy dinámicas, son *Euterpe precatória*, *Ilex andariensis*, *Tabebuia insignis* y *Mauritiella armata*.

*Mauritia flexuosa* es la especie más importante ecológicamente, con IVI entre el 60,55 y 185 por ciento en los aguajales, presenta valores de tasa de mortalidad de individuos de hasta 2,52 por ciento y reclutamiento hasta 2,93 por ciento, que se interpreta como valores moderados de mortandad y reclutamiento.

**Tabla 17: Resultados de tasas de reclutamiento y mortandad por especies.**

Parcela	Familia	Especie	IVI (%)	censo 1 (ind)	censo 2 (ind)	Crecimiento (ind)	Muertos (ind)	Reclutas (ind)	Tasa de mortandad (%)	Tasa de reclutamiento (%)
JEN14	<b>Arecaceae</b>	Mauritia flexuosa	133,27	125	128	108	17	20	2,52	2,93
	<b>Euphorbiaceae</b>	Hura crepitans	37,04	12	12	11	1	1	1,50	1,50
	<b>Myristicaceae</b>	Virola pavonis	21,97	11	14	10	1	4	1,64	5,80
	<b>Clusiaceae</b>	Symphonia globulifera	8,84	5	5	5	0	0	0,00	0,00
	<b>Fabaceae</b>	Pterocarpus santalinoides	8,16	7	7	6	1	1	2,66	2,66
JEN 15	<b>Arecaceae</b>	Mauritia flexuosa	60,55	53	51	50	3	1	1,03	0,35
	<b>Myristicaceae</b>	Virola pavonis	23,39	17	18	17	0	1	0,00	1,01
	<b>Clusiaceae</b>	Symphonia globulifera	22,12	19	17	17	2	0	1,97	0,00
	<b>Lecythidaceae</b>	Eschweilera albiflora	16,89	18	17	17	1	0	1,01	0,00
	<b>Clusiaceae</b>	Garcinia macrophylla	16,30	16	15	14	2	1	2,37	1,22
	<b>Fabaceae</b>	Vatairea guianensis	10,24	10	11	10		1	0,00	1,69
VEN01	<b>Arecaceae</b>	Mauritia flexuosa	85,41	76	72	72	4	0	1,03	0,00
	<b>Myristicaceae</b>	Virola pavonis	41,24	28	26	26	2	0	1,41	0,00
	<b>Lepidobotryaceae</b>	Ruptiliocarpon caracolito	33,29	36	33	28	8	5	4,78	3,13
	<b>Arecaceae</b>	Euterpe precatória	25,09	30	30	10	20	20	20,91	20,91
	<b>Arecaceae</b>	Socratea exorrhiza	19,00	24	20	19	5	1	4,45	0,98

Continuación...

VEN02	<b>Arecaceae</b>	Mauritia flexuosa	157,27	196	190	181	15	9	1,52	0,93
	<b>Arecaceae</b>	Socratea exorrhiza	29,14	38	42	31	7	11	3,88	5,79
	<b>Arecaceae</b>	Euterpe precatória	24,62	41	32	4	37	28	44,40	39,67
	<b>Aquifoliaceae</b>	Ilex andariensis	10,36	8	9	7	1	2	2,55	4,79
	<b>Lepidobotryaceae</b>	Ruptiliocarpon caracolito	10,24	8	7	7	1	0	2,55	0,00
VEN03	<b>Arecaceae</b>	Mauritia flexuosa	185,83	180	180	172	8	8	2,02	2,02
	<b>Bignoniaceae</b>	Tabebuia insignis	36,41	26	29	25	1	4	1,74	6,59
	<b>Aquifoliaceae</b>	Ilex andariensis	19,69	15	14	12	3	2	9,91	6,85
	<b>Urticaceae</b>	Cecropia sp1	13,98	1	6	1	0	5	0,00	79,61
	<b>Arecaceae</b>	Mauritiella armata	12,42	13	14	13	0	1	0,00	3,29
VEN04	<b>Arecaceae</b>	Mauritia flexuosa	152,74	127	129	126	1	3	0,35	1,04
	<b>Arecaceae</b>	Mauritiella armata	75,12	140	119	117	23	2	7,95	0,75
	<b>Bignoniaceae</b>	Tabebuia insignis	23,19	17	19	16	1	3	2,68	7,61
	<b>Aquifoliaceae</b>	Ilex andariensis	17,76	13	10	9	4	1	16,28	4,67
	<b>Urticaceae</b>	Cecropia latiloba	15,06	2	9	2	0	7	0,00	66,61
VEN05	<b>Arecaceae</b>	Mauritia flexuosa	125,96	80	81	80	0	1	0,00	0,55
	<b>Bignoniaceae</b>	Tabebuia insignis	48,37	47	57	46	1	11	0,95	9,48
	<b>Arecaceae</b>	Mauritiella armata	46,68	61	57	51	10	6	7,92	4,92
	<b>Aquifoliaceae</b>	Ilex andariensis	28,38	28	25	25	3	0	5,01	0,00
	<b>Anacardiaceae</b>	Tapirira guianensis	20,35	13	14	13	0	1	0,00	3,28

Nota: Se presenta las especies que están dentro del 150 por ciento del IVI.

#### 4.4.5. Crecimiento de área basal.

Debemos mencionar que por la predominancia de la familia Arecaceae, donde representa del 130 al 185 por ciento del IVI, en el bosque pantanoso de tipo Aguajal y su crecimiento es principalmente en altura y no en diámetro, los valores de crecimiento en área basal serán bajos, es así que presentamos valores de tasas de crecimiento de toda la parcela y también de solo individuos arbóreos, a fin de poder comparar con otras formaciones dentro del bosque amazónico.

Se trabaja solo con los individuos sobrevivientes, ya que realizó dos mediciones de ellos, el primer censo entre el 2009 al 2012 y la remediación de la parcela en el 2014. Por ejemplo, para la parcela JEN14, de 0,5 ha, en el 2009 el área basal de los individuos sobrevivientes se reportó en 12,45 m<sup>2</sup>, y para el año 2014 en 12,91 m<sup>2</sup>, lo cual significa que, en un periodo intercensal de 5,8 años, el área basal en la parcela se incrementó en 0,46 m<sup>2</sup>. En consecuencia, se logró un incremento medio anual de 0,16m<sup>2</sup>/ha/año, con una tasa de crecimiento anual de 0,63 por ciento y 0,72 por ciento con corrección de longitud censal.

En el mismo JEN14 excluyendo a la familia Arecaceae, es decir solo evaluando árboles cuya característica es el crecimiento diamétrico, el área basal de los sobrevivientes en 0,5 hectárea en el año 2009 fue de 5,12m<sup>2</sup> y en el 2014 de 5,55 m<sup>2</sup>, el incremento resultó en 0,86 m<sup>2</sup>/ha, con incremento medio anual de 0,15 m<sup>2</sup>/ha/año y la tasa de crecimiento de área basal fue de 1,39 por ciento. Comparado con los valores para otros bosques de la amazonia sigue siendo un valor bajo de crecimiento, se podría explicar pues el estrato dominante esta la presencia de *M. flexuosa*.

Para los datos reportados en las parcelas estudiadas (de árboles y palmeras) nos indican un incremento de en área basal de 0,06 a 1,20 m<sup>2</sup>/0,5ha un incremento medio anual de 0,03 a 0,43 m<sup>2</sup>/ha/año y una tasa anual de crecimiento en AB de 0,06 a 1,85 por ciento. Estudios en bosques húmedos neotropicales de selva baja de la Amazonía de Ecuador y Perú sobre dinámica forestal, reportan rangos mayores de crecimiento en área basal que van desde 0,63 hasta 0,99 m<sup>2</sup>/ha/año, con tasas de crecimiento de 2,09 a 3,79 por ciento (Nebel *et al.*, 2000) muy por encima de lo hallado en el presente estudio.

Evaluando solo árboles en crecimiento de área basal obtenemos mayores tasas de crecimiento de área basal de 1,60 a 4,14 por ciento (Tabla 18) más acorde con lo reportado por otros autores (Nebel *et al.*, 2000) aunque con valores mayores en VEN05 de 4,14 por ciento. Adicionalmente, se puede observar que las parcelas que tienen menor Área basal total tienen mayor tasa de crecimiento en árboles, tal es el caso de VEN03, VEN04 y VEN05 (12,77; 11,48; 8,51 m<sup>2</sup>/0,5 ha) esto se podría explicar por la apertura del dosel dada la menor densidad arbórea.

**Tabla 18: Cuadro comparativo de crecimiento en área basal**

Ubicación	Rangos de crecimiento en área basal (m <sup>2</sup> /ha/año)		Rangos de Tasa de crecimiento en área basal (%)		Fuente
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
	Amazonia de Ecuador	0,63	0,92	2,09	
Amazonia de Perú	0,91	0,99	3,51	3,79	Nebel <i>et al.</i> (2000)
Bosque de pantanos, Aguajales, Loreto (árboles y palmeras)	0,03	0,43	0,06	1,85	Presente estudio
Bosque de pantanos, Aguajales, Loreto (solo árboles.)*	0,03	0,39	1,60	4,14	Presente estudio

*Nota:* (\*) Solo individuos arbóreos y aplicando la corrección de variación del intervalo censal según Lewis *et al.* (2004).

**Tabla 19: Resultados de crecimiento en área basal de parcela**

Resultado de incremento medio anual de área basal por parcela (árboles y palmeras), incremento medio anual de AB de parcelas y tasa de crecimiento de AB de árboles y palmeras.

Código de parcela	Periodo de monitoreo (años)	AB Total sobreviv. 1 (m <sup>2</sup> /0,5ha)	AB Total sobreviv. 2 (m <sup>2</sup> /0,5ha)	AB muertos (m <sup>2</sup> /0,5ha)	AB reclutas (m <sup>2</sup> /0,5ha)	Incremento del AB total (m <sup>2</sup> /0,5ha)	Incremento del AB total (m <sup>2</sup> /ha)	Incremento medio anual total (m <sup>2</sup> /ha/año)	Tasa crecimiento AB Arboles + Palmeras (%)	Tasa crecimiento AB Arboles + Palmeras corregida (%)
JEN14	5,80	12,45	12,91	1,92	1,78	0,46	0,92	0,16	0,63	0,72
JEN15	5,64	12,29	13,49	0,58	0,35	1,20	2,40	0,43	1,61	1,85
VEN01	5,25	14,41	15,31	2,15	0,43	0,89	1,79	0,34	1,04	1,19
VEN02	5,24	16,64	16,84	2,12	1,08	0,20	0,40	0,08	0,21	0,23
VEN03	2,25	12,07	12,13	0,61	0,64	0,06	0,11	0,05	0,08	0,09
VEN04	2,26	11,15	11,18	0,39	0,29	0,04	0,08	0,03	0,06	0,06
VEN05	2,26	8,09	8,23	0,17	0,28	0,14	0,28	0,12	0,30	0,32

**Tabla 20: Resultados de crecimiento en área basal de arboles**

Resultado de incremento medio anual de área basal de árboles, incremento medio anual de AB de árboles y tasa de crecimiento de AB de árboles.

<b>Código de parcela</b>	<b>Periodo de monitoreo (años)</b>	<b>AB árboles sobrev. 1 (m<sup>2</sup> 0.5ha)</b>	<b>AB árboles sobrev. 2 (m<sup>2</sup> 0.5ha)</b>	<b>Incremento AB árboles (m<sup>2</sup>/0,5ha)</b>	<b>Incremento AB árboles (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>Incremento medio anual árboles (m<sup>2</sup>/ha/año)</b>	<b>Tasa crecimiento AB árboles (%)</b>	<b>Tasa crecimiento AB árboles corregida (%)</b>
JEN14	5,80	5,12	5,55	0,43	0,86	0,15	1,39	1,60
JEN15	5,64	7,70	8,79	1,09	2,18	0,39	2,35	2,70
VEN01	5,25	6,98	7,61	0,63	1,26	0,24	1,64	1,88
VEN02	5,24	1,23	1,41	0,18	0,36	0,07	2,61	2,97
VEN03	2,25	0,62	0,67	0,05	0,10	0,04	3,45	3,68
VEN04	2,26	0,41	0,44	0,03	0,06	0,03	3,13	3,34
VEN05	2,26	1,20	1,31	0,11	0,22	0,10	3,88	4,14

#### 4.4.6. Crecimiento diamétrico por especie.

Las especies forestales con mayor crecimiento diamétrico anual (mm/año) en el presente estudio son *Euterpe precatória* (Arecaceae) con 9,15 mm/año en VEN01 y 7,06 mm/año en VEN02; en VEN03 *Cecropia sp1* (Urticaceae) con 8,44 mm/año. VEN 04 *Cecropia latiloba* (Urticaceae) con 6,42 mm/año. En JEN14, *Virola pavonis* (Myristicaceae) con 7,25 mm/año; *Pterocarpus santalinoides* (Fabaceae) con 4,81 mm/año. En JEN15, *Symphonia globulifera* (Clusiaceae) con 5,05 mm/año. En el Anexo N°9 se presenta los valores de crecimiento de las cinco especies con índice de valor e importancia alto (que agrupado es mayor al 150 por ciento del IVI) dentro de su parcela.

Es interesante que especies maderables como *Virola pavonis* (Myristicaceae) «Cumala caupuri» registra un alto crecimiento diamétrico 7,25 mm/año para el presente estudio y para Nebel y Baluarte (2002, p.5) registra un crecimiento para dicha especie de 2 a 6 mm/año, con máximas tasas de crecimiento de hasta 27 mm/año; lo cual es un indicio de que su propagación e instalación en plantaciones debe de ser estudiada. De igual manera con *Symphonia globulifera* «Varillo» (Clusiaceae) con 5,05 mm/año de crecimiento pues es usado localmente como madera y reportado con potencial maderable en Ficha técnica de la especie para la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (1999, p. 5)

De otro lado, especies con incrementos medios anuales bajos son *Hura crepitans* (Euphorbiaceae) con -0,06 y -0,07 mm/año (parcelas VEN03 y VEN04, respectivamente), *Mauritiella armata* -0,14 mm/año y 0,10 mm/año, *Tabebuia insignis* (Bignoniaceae) con 1,66 a 0,44 mm/año) y *Socratea exorrhiza* (Arecaceae) con 0,33mm/año.

Siendo la Familia Arecaceae de crecimiento principalmente crecimiento en altura y no en diámetro, es de resaltar los altos valores de crecimiento diamétrico de *Euterpe precatória* (Arecaceae),(9,15 mm/año en VEN01 y 7,06 mm/año en VEN02) sin embargo es de considerar que *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) , con crecimiento diamétrico de 0,03 a 1,0 mm/año , siendo especie de alto valor ecológico en las parcelas no crece casi en diámetro y desde pequeño ya ingresa a los censos con 20 o 30 cm. Sumado a otros datos de dinamismo como mortalidad (entre a 0 a 2,52 por ciento) y reclutamiento (hasta 2,93 por ciento) los muestra como importante para estudios de crecimiento con monitoreo de alturas, para fines de manejo forestal de esta especie de alto valor comercial y ecológico en la región.

**Tabla 21: Especies con mayor crecimiento diamétrico de sobrevivientes mayor a 4 mm/año.**

Parcela	Familia	Especie	IVI (%)	DAP promedio sobreviv. 1 (mm)	DAP promedio sobreviv. 2 (mm)	Incremento en todo el periodo (mm)	Incremento medio anual (mm/año)
VEN01	Arecaceae	Euterpe precatória	25,09	134,40	182,50	48,10	9,15
VEN03	Urticaceae	Cecropia sp1	13,98	97,00	116,00	19,00	8,44
JEN14	Myristicaceae	Virola pavonis	21,97	226,50	264,60	38,10	7,25
VEN02	Arecaceae	Euterpe precatória	24,62	106,00	143,00	37,00	7,06
JEN 15	Fabaceae	Vatairea guianensis	10,24	141,60	156,60	15,00	6,63
VEN04	Urticaceae	Cecropia latiloba	15,06	115,00	129,50	14,50	6,42
JEN 15	Clusiaceae	Symphonia globulifera	22,12	273,76	300,24	26,47	5,05
JEN 15	Myristicaceae	Virola pavonis	23,39	277,71	303,76	26,06	4,96
JEN14	Fabaceae	Pterocarpus santalinoides	8,16	136,00	146,83	10,83	4,81
JEN 15	Clusiaceae	Garcinia macrophylla	16,30	181,00	191,57	10,57	4,68
VEN05	Anacardiaceae	Tapirira guianensis	20,35	122,15	132,10	9,95	4,40

**Tabla 22: Especies con menor crecimiento diamétrico (menor a 2mm/año)**

Parcela	Familia	Especie	IVI (%)	DAP prom sobrev. 1 (mm)	DAP prom sobrev. 2 (mm)	Incremento del periodo (mm)	IMA (mm/año)
VEN03	Arecaceae	Mauritiella armata	12,42	129,00	128,69	-0,31	-0,14
VEN04	Arecaceae	Mauritiella armata	75,12	113,12	112,97	-0,15	-0,07
JEN14	Euphorbiaceae	Hura crepitans	37,04	514,27	513,91	-0,36	-0,06
VEN03	Arecaceae	Mauritia flexuosa	185,83	287,32	287,47	0,15	0,06
VEN05	Arecaceae	Mauritiella armata	46,68	117,47	117,71	0,24	0,10
VEN04	Arecaceae	Mauritia flexuosa	152,74	308,10	308,36	0,25	0,11
JEN14	Arecaceae	Mauritia flexuosa	133,27	289,81	290,48	0,67	0,11
VEN01	Arecaceae	Mauritia flexuosa	85,41	348,15	348,89	0,74	0,14
VEN02	Arecaceae	Mauritia flexuosa	157,27	312,52	313,80	1,28	0,24
VEN01	Arecaceae	Socratea exorrhiza	19,00	146,84	148,58	1,74	0,33
VEN05	Arecaceae	Mauritia flexuosa	125,96	313,73	314,66	0,94	0,41
VEN04	Bignoniaceae	Tabebuia insignis	23,19	120,75	121,75	1,00	0,44
VEN03	Bignoniaceae	Tabebuia insignis	36,41	125,73	127,05	1,32	0,59
JEN 15	Arecaceae	Mauritia flexuosa	60,55	335,74	341,40	5,66	1,00
VEN02	Arecaceae	Socratea exorrhiza	29,14	132,35	138,32	5,97	1,14
VEN05	Bignoniaceae	Tabebuia insignis	48,37	119,15	122,91	3,76	1,66

*Nota:* podría eliminarse a la familia Arecaceae.

## V. CONCLUSIONES

1. Las formaciones de bosques de pantano estudiadas presentan menor riqueza y diversidad de especies que otras formaciones de llanura amazónica. Los Varillales hidromórficos presentan gran densidad de individuos por hectárea, muy superior a los Aguajales y a otras formaciones de la llanura amazónica, sin embargo, en área basal son similares a bosques aledaños.
2. Estas formaciones presentan especies monoespecíficas donde las palmeras ocupan el 150 por ciento peso ecológico en los Aguajales, siendo *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) «Aguaje» la especie más importante; y para los varillales hidromórficos, la especie con mayor peso ecológico es *Pachira nitida* (Malvaceae) «Punga del varillal».
3. Se presentan dos formaciones ecológicas diferenciadas en base a la composición de especies y clasificación DCA: el Aguajal y el Varillal hidromórfico. Sin embargo, la parcela JEN15 (Sapuena) presenta diferencias notables en características de riqueza, diversidad, parámetros dasométricos, presenta bajo porcentaje de palmeras 21 por ciento, Arecaceae solo representa el 60 por ciento de IVI, además de no acumular turba y presentar bajo dinamismo.
4. Sobre la caracterización del suelo, el perfil del suelo del Aguajal y Varillal hidromórfico presentan similar aspecto, composición, cuando existe turba, los valores de densidad aparente y concentración de carbono fueron también similares, esto debido a que ambos se originan de un material parental similar.
5. El Aguajal y Varillal hidromórfico difieren en la profundidad de suelo orgánico, los de los varillales son profundos y poseen gran cantidad de material orgánico acumulado en el tiempo, en contraposición con los suelos orgánicos menos profundos de los Aguajales.

6. Se comprueba que las formaciones Aguajal y Varillal hidromórfico presentan grandes reservas de carbono en su suelo orgánico que otros tipos de bosques. El Varillal hidromórfico es la formación que almacena más carbono encontrándose la mayor reserva en el suelo de estas formaciones (entre el 80 y 90 por ciento), sin embargo, su extensión es restringida. Las parcelas muestreadas representan la zona del río Tigre donde ocurre este tipo de ecosistema de turberas.
7. La acumulación de biomasa aérea es muy similar en las parcelas de varillales hidromórficos y aguajales; y estas reportan ligeramente mayor acumulación de carbono que las formaciones de tierra firme en Amazonía. La biomasa aérea representa aproximadamente el 7 y 14 por ciento del carbono total almacenado en los bosques de pantano.
8. Respecto a la dinámica forestal, la tasa de mortandad, reclutamiento y recambio para los bosques de pantano son mayores a los reportados en otros tipos de bosque de la llanura amazónica, es decir, tiene altos niveles de mortandad, llegando a nivel de «eventos catastróficos», sin embargo, el reclutamiento nos indica que presenta gran capacidad de regeneración también.
9. El incremento medio anual expresado como área basal de los bosques de pantanos es bajo, entre 0,03- 0,43 m<sup>2</sup>/ha/año, con una tasa anual de crecimiento en área basal de 0,06 a 1,85 por ciento. Esto debido a las características de predominante crecimiento en altura de la Familia Arecaceae; sin embargo, al evaluar el crecimiento de área basal de solo árboles obtenemos mayores tasas de crecimiento de 1,60 a 4,14 por ciento.
10. Los aguajales presentan especies altamente dinámicas como *Euterpe precatória* (Arecaceae), *Ilex andariensis* (Aquifoliaceae), *Tabebuia insignis* (Bignoniaceae) y *Mauritiella armata* (Arecaceae); y con crecimiento diamétrico importante como en *Virola pavonis* «Cumala caupuri» (Myristicaceae) con 7,25 mm/año, *Symphonia globulifera* «Varillo» (Clusiaceae) con 5,05 mm/año y *Euterpe precatória* «Huasaí» (Arecaceae) con 9,15 mm/año.

## VI. RECOMENDACIONES

- En las remediciones de PPM, las mediciones de alturas son sensibles a errores, es necesario remedir con el mismo tipo de instrumento y entrenamiento del personal ejecutor. Considerando que para la estimación de biomasa de palmeras la altura es el principal parámetro.
- Sobre el método de estimación de carbono orgánico del suelo, es recomendable tomar muestras en campo para obtener los valores de densidad aparente y concentración de carbono por capas a lo largo del perfil del suelo.
- En caso la exploración en suelos orgánicos sea el objetivo, se recomienda muestrear en transectos a distancias mayores; solo un punto por parcela podría no representar las variaciones de la fisiografía del sitio.
- Se sugiere incorporar el perfil fisiográfico del sitio para tener mayor información de los fenómenos (p.e. afluentes, meandros u otros) que influye en el abastecimiento de agua sobre la formación en estudio.
- Se recomienda continuar el monitoreo de las parcelas permanentes en el área de estudio y continuar con las investigaciones de dinámica forestal, regeneración natural, crecimiento, composición florística y sucesión vegetal, con el fin de contribuir al manejo y a la conservación de estas formaciones.
- Incluir estudios de crecimiento diamétrico y reclutamiento de las especies más comercializadas o en estado crítico para los bosques de pantanos, con el fin de fomentar el manejo forestal de especies no maderables, dada la fragilidad de estos ecosistemas.

- Se sugiere que las turberas amazónicas peruanas sean prioridad para la investigación y conservación antes que el desarrollo de la infraestructura regional cause una aceleración en la explotación, degradación y deforestación de estos ecosistemas.
- Se recomienda seguir con investigación de los bosques de pantanos y las turberas para fomentar las mejoras y reducción de la pobreza y seguridad alimentaria de cientos de familias que dependen directa e indirectamente de los recursos provenientes de estos bosques. En este sentido, las acciones de conservación y aprovechamiento sostenible deben estar alineados a los usos y costumbres de las personas usuarias de estos bosques.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. (2008) Evaluación de la dinámica Forestal en el Bosque Montano de Pichita - APORDES, en Chanchamayo, Selva Central del Perú. Tesis (Mg. Sc.). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 129p.
- Aguilar, M., Reynel, C. (2009) Dinámica Forestal y Regeneración en un bosque montano nublado de la Selva Central del Perú (localización Puyu Sacha, valle de Chanchamayo, Dp. Junín, 2100 msnm) Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina. 167 pp.
- Antón, D., Reynel, C. (2004) Relictos de bosques de excepcional diversidad en los andes Centrales del Perú. Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima 323 pp.
- Asner, C., Knapp, D., Martin, R., Tupayachi R; Anderson, C B; Mascaró, J; ... Neyra, A. (2014) The high resolution carbon geography of Perú: A collaborative report of the Carnegie Airbone Observatory and the Ministry of Environment of Peru. Recuperado de: <http://cao.stanford.edu/uploads/Carnegie-Peru-Carbon-Report-English.pdf>
- Baker, T., Phillips, O., Malhi Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., ... Vásquez, R., (2004) Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass Glob. Change Biol. 10 545-562. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00751.x>
- Bhomia, R.K., Van Lent, J., Rios, J.M.G. (2019) Impacts of *Mauritia flexuosa* degradation on the carbon stocks of freshwater peatlands in the Pastaza-Marañón river basin

of the Peruvian Amazon. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 24, 645–668.  
<https://doi.org/10.1007/s11027-018-9809-9>

Buttergenbach, H.; Vargas, C.; Reynel, C. (2012) Dinámica forestal en un bosque premontano del Valle de Chanchamayo, Departamento de Junín, 1200 msnm. Tesis UNALM. Lima.108p.

Carmona-Galindo, V., Carmona, T. (2013) La diversidad de los análisis de diversidad. *Biology Faculty Works*. 28. Recuperado de: [http://digitalcommons.lmu.edu/bio\\_fac/28](http://digitalcommons.lmu.edu/bio_fac/28)

Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M., Delitti, W, ... Vieilledent, G. (2014) Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology* (20): 3177–3190. doi: 10.1111/gcb.12629

Curtis J. y McIntosh R. (1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496

De Rutte, J., Reynel, C. (2016) Composición y diversidad arbórea en la cumbre del bosque montano nublado Puyu Sacha, Chanchamayo, Junín, Perú. Herbario de la FCF UNALM/Centro de Estudios en Dendrología de la Fundación para el Desarrollo Agrario y APRODES. Imprenta Bellido, Lima. 110 p.

Del Castillo, D., Otárola A., E.; Freitas A., L. (2006) Aguaje: La maravillosa palmera de la Amazonía. IIAP. Comisión Europea. Proyecto Focal Bosques.

Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M., Robledo, C. (2014) InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de: <http://www.infostat.com.ar>

- Donoso, C., Grez, R., Escobar B., Real, R., (1984) Estructura y Dinámica de Bosques del Tipo Forestal Siempreverde en un Sector de Chiloé Insular. Bosque: Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. doi: 10.4206/Bosque.1984.v5n2-04
- Draper, F., Roucoux, K., Lawson I., Mitchard E., Honorio E., Lähteenoja, O., ... Baker, T. (2014) The distribution and amount of carbon in the largest peatland complex in Amazonia. *Environmental Research Letters* (9) 12p. doi:10.1088/1748-9326/9/12/124017
- Draper FC, Honorio E, Roucoux KH, Lawson IT, Pitman NC, Fine PV, Phillips OL, Montenegro LAT, Sandoval EV, Mesones I, García-Villacorta R (2017) Peatland forests are the least diverse tree communities documented in Amazonia, but contribute to high regional beta-diversity. *Ecography*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/ecog.03126>
- Dueñas, H. (2018). Patrones de diversidad, dominancia y distribución de árboles en los bosques del departamento de Madre de Dios, Perú. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM. 147p.
- Freitas A., L. (1996a) Caracterización florística y estructural de cuatro comunidades boscosas de la llanura aluvial inundable en la zona de Jenaro Herrera. IIAP. Documento técnico No 21.
- Freitas A., L. (1996b) Caracterización florística y estructural de cuatro comunidades Boscosas de terraza baja en la zona de Jenaro Herrera, Amazonía Peruana. Instituto de Investigación de la Amazonía peruana. Doc. Téc. N026. Iquitos-Perú.
- Freitas A, L., Otárola, E., Del Castillo, D., Linares, C., Martínez, D., Malca, G. (2006). Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema Aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria Loreto – Perú. Documento Técnico N°29 IIAP. Iquitos, Perú. 62 p.

- García, A., Pinto, J. (2002) Diagnóstico de la demanda del Aguaje en Iquitos. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Recuperado de: <http://www.iiap.org.pe/focal/mercados/descripcion/aguaje.htm>
- García S, D; Honorio C, E; Del Castillo T, D. (2012) Determinación del stock de carbono en aguajales de la cuenca del Río Aguaytía, Ucayali , Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - Folia Amazónica VOL. 21 N° 1-2 2012: 153 – 160.
- Goodman, R., Phillips, O., Del Castillo D., Freitas L., Cortese S., Monteagudo A., Baker T. (2013) Amazon palm biomass and allometry. *Forest Ecology Management*. (310): 994-1004
- Gutiérrez N. (2002) Diversidad Florística en Aguajales *Mauritia Flexuosa* L.f. (Arecaceae). Informe de la investigación Para: The Field Museum – Chicago (Environmental And Conservation Programs) Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica, Perú.
- Guzmán, W. (2005) Valoración económica de beneficios ambientales en el manejo sostenible de humedales: Estudio de caso del manejo sostenible de sistemas de «aguajal» en la Comunidad de Parinari, Reserva Nacional Pacaya Samiria (Región de Loreto, Perú). Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP, Proyecto BIOFOR-INRENA-USAID, Loreto, Perú.
- Hartshorn, G. (1980) La dinámica de los bosques neotropicales. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica. *BIOTROPICA* 12: 23 – 30.
- Honorio, E., Pennington T., Freitas L., Nebel G., Baker T. (2008) Análisis de la Composición florística de los bosques de Jenaro Herrera, Loreto-Perú. *Revista Peruana de Biología*. 15 (1): 53-60

- Honorio, E. , Baker, T. (2010) Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana / Universidad de Leeds. Lima, Perú. 54p.
- Honorio, E., Vega E. , Corrales M. (2015) Diversidad, estructura y carbono de los bosques aluviales del noreste peruano. Folia Amazonica IIAP. 24: 55-70. Recuperado de: <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/59/115>
- Honorio, E., Draper, F. (2017) A monitoring network to detect the impact of climate change on tree biodiversity and carbon in Amazonian floodplain forests. The Lima Declaration on Biodiversity and Climate Change: Contributions from Science to Policy for Sustainable Development. Technical Series No.89. (Eds L. Rodríguez & I. Anderson) Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, 156 p. Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-89-en.pdf>
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H. and Page, S. (2006) PEAT-CO2, Assessment of CO2 emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/285726396>
- Householder, J.E; Janovec, J. P.; Tobler M. W; Page, S; Lähteenoja, O. (2012) Peatlands of the Madre de Dios River of Peru: Distribution, Geomorphology, and Habitat Diversity. Wetlands Vol 31 Num 4 Doi: 10.1007/s13157-012-0271-2.
- Huamantupa-Chuquimaco I., Luza-Victorio M., Alfaro-Curitumay L; Ururi M., Huaman-Arque W., Pedraza, M., Peralvo M. (2017) Diversidad y Biomasa Arbórea en los Bosques Andinos del Santuario Nacional del Ampay, Apurímac – Perú. Rev. Q'euña 8: 07-26.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (s.f.) Glosario de términos. Recuperado de: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1383/anexo02.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1383/anexo02.pdf)

- Jowsey, P. (1965) An improved peat sampler. *New Phytol.* (65): 245–248.  
doi:10.1111/j.1469-8137.1966.tb06356.x.
- Kahn, F., Mejia, K., (1990) Palm communities in wetland forest ecosystems of Peruvian Amazonia. *For. Ecol. Manag.*, 33/34: 169-179.
- Kalliola, R; Puhaka, M; Salo, J; Tuomisto, H; Ruokolainen, K. (1991) The dynamics, distribution and classification of swamp vegetation in Peruvian Amazonia. *Annales Botanici Fennici* (28): 225-239.
- Kalliola R., Salo J., Puhakka M., Rajasilta M., Häme T., Neller R., Räsänen M., Danjoy-Arias W.(1992) Upper Amazon channel migration: implications for vegetation perturbation and succession using bitemporal Landsat MSS images. *Naturwissenschaften* 79:75–79
- Kauffman J., y Donato D. (2012) Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. Working Paper 86. Center for International Forestry Research - CIFOR, Bogor, Indonesia. 50 p.
- Kauffman JB, Arifanti VB, Basuki I, Kurnianto S, Novita N, Murdiyarso D, Donato DC, Warren MW (2016) Protocols for the measurement, monitoring, and reporting of structure, biomass, carbon stocks and greenhouse gas emissions in tropical peat swamp forests. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor
- Kelly, TJ, Lawson, IT, Roucoux, KH, Baker, T, Jones T, Sanderson N (2017) The vegetation history of an Amazonian domed peatland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 468. pp. 129-141. ISSN 0031-0182
- Lähteenoja O, Ruokolainen K, Schulman L, Oinonen M. (2009a) Amazonian peatlands: an ignored C sink and potential source. *Global Change Biology*, 15: 2311-2320. Disponible en: doi:10.1111/j.1365-2486.2009.01920.x

- Lähteenoja O, Ruokolainen K, Schulman L, Alvarez J. (2009b) Amazonian floodplains harbour minerotrophic and ombrotrophic peatlands. *Catena*, 79: 140-145.
- Lähteenoja O, Roucoux KH. (2010) Inception, history and development of peatlands in the Amazon Basin. *Pages news* 18:27-29.
- Lähteenoja O, Page SE. (2011a) High diversity of tropical peatland ecosystem types in the Pastaza-Marañón basin, Peruvian Amazonia. *Journal of Geophysical Research, Biogeosciences*, 116, G02025.
- Lähteenoja O. (2011b) Carbon dynamics and ecosystem diversity of Amazonian peatlands. PhD thesis. *Annales universitatis turkuensis*, AII 264. 91 p
- Lähteenoja O, Reategui YR, Räsänen M, del Castillo Torres D, Oinonen M, Page SE. (2011c) The large Amazonian peatland carbon sink in the subsiding Pastaza-Marañón foreland basin, Peru. *Global Change Biology*. 18:164–178
- Lamprecht, H. (1990) *Silvicultura en los Trópicos: Los Ecosistemas Forestales en los Bosques Tropicales y sus Especies arbóreas - Posibilidades y Métodos para un Aprovechamiento Sostenido*. Cooperación Técnica. Rep. Fed. Alemana. 335p.
- Lewis, S., Phillips, O., Sheil D., Vinceti B., Baker T., Brown S., ... Vásquez R. (2004) Tropical forest tree mortality, recruitment and turnover rates: calculation, interpretation and comparison when census intervals vary. *Journal of Ecology*, (92): 929–944. doi: 10.1111/j.0022-0477.2004.00923.x
- Louman, B., Quirós D., Nilsson M. (2001) *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 pp.
- Lugo, A., Scatena, F. (1996) Background and Catastrophic Tree Mortality in Tropical Moist, Wet, and Rain Forests. *Biotropica*. Vol. 28, No. 4, Part A. Special Issue: Long Term Responses of Caribbean Ecosystems to Disturbances (Dec., 1996),

pp.585-599. Recuperado de: [https://www.jstor.org/stable/2389099?seq=1#fdtn-page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/2389099?seq=1#fdtn-page_scan_tab_contents)

Magurran, A.E. (1988) *Ecological Diversity and Its Measurement*. Croom Helm, London, 178. Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?id=CuU9DwAAQBAJ&lpg=PP9&ots=WB-8W1DMC7&dq=magurran%201988&lr&hl=es&pg=PP9#v=onepage&q=magurran%201988&f=false>

Malhi Y., Wood D., Baker T., Wright J., Phillips O., Cochrane T., ... Vinceti B. (2006) The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Global Change Biology*, (12): 1107–1138. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01120.x

Marengo J. (1998) Climatología de la zona de Iquitos, Perú. In: Kalliola, R., Flores aitán, S. (Eds.), *Geoecología y desarrollo amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú*. *Annales Universitatis Turkuensis Ser A II*, vol. 114. University of Turku, Finland, pp. 35–57

Melo, C. y Vargas, R. (2002) *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Universidad de Tolima. 235 p

Menéndez, J. (2012) *El Carbón en la Vida Cotidiana: De la Pintura Rupestre Al Ascensor Espacial*. ISBN :1479386081, 9781479386086. 146 págs. Recuperado de : [https://books.google.com.pe/books?id=kPrJQptYdzsC&dq=La+formaci%C3%B3n+de+turba+constituye+la+primera+etapa+del+proceso+por+el+que+la+vegetaci%C3%B3n+se+transforma+en+carb%C3%B3n+mineral.&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=kPrJQptYdzsC&dq=La+formaci%C3%B3n+de+turba+constituye+la+primera+etapa+del+proceso+por+el+que+la+vegetaci%C3%B3n+se+transforma+en+carb%C3%B3n+mineral.&source=gbs_navlinks_s)

Ministerio del Ambiente del Perú (2010) *Mapa de Patrimonio Forestal Nacional*. In: Dirección General de Evaluación VyFdPN (ed). Lima. 6p. Recuperado de: <http://sinia.minam.gob.pe/public/docs/1731.jpg>

- Ministerio del Ambiente del Perú (2010) Mapa del Patrimonio Forestal Nacional Escala 1/100,000. Viceministerio de Desarrollo estratégico de Recursos Naturales; Mapa elaborado para el MINAM por el Consorcio EDG-CANDES-LTA.
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2012) Mapa de bosques húmedos de la Amazonia. Recuperado de: [http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/archivos/memoria/Patrimonio\\_Forestal\\_Amazonia.pdf](http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/archivos/memoria/Patrimonio_Forestal_Amazonia.pdf)
- Ministerio del Ambiente, Perú (2015). Guía de inventario de la flora y vegetación / Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural-Lima. 49 p
- Nebel, G., Kvist L., Vanclay J., Vidaurre H. (2000) Dinámica de los bosques de la llanura aluvial inundable de la Amazonía Peruana: Efectos de las perturbaciones e implicancias para su manejo y conservación. Folia Amazónica Vol. 11:65-97. Recuperado de: [http://epubs.scu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1498&context=esm\\_pubs](http://epubs.scu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1498&context=esm_pubs)
- Nebel G., Kvist L., Vanclay J., Christensen H., Freitas L., Ruíz J. (2001). Structure and floristic composition of floodplain forests in the Peruvian Amazon: I. Overstorey. Forest Ecology and Management. 150. 27-57. 10.1016/S0378-1127(00)00680-0. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/222653662\\_Structure\\_and\\_floristic\\_composition\\_of\\_floodplain\\_forests\\_in\\_the\\_Peruvian\\_Amazon\\_I\\_Overstorey](https://www.researchgate.net/publication/222653662_Structure_and_floristic_composition_of_floodplain_forests_in_the_Peruvian_Amazon_I_Overstorey)
- Nebel G. y Baluarte J. (2002) Nota científica. crecimiento de virola pavonis (a. dc.) a.c. smith en bosques aluviales peruanos – resultados preliminares. FOLIA AMAZÓNICA VOL. 13 (1-2) – 2002. IIAP 175p. Recuperado de: <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/315>
- Neiff, J., Casco S., Arias C. (2003) Glosario de Humedales Latinoamericanos. En: Neiff, J.J. (Ed.) Humedales de Iberoamérica. EN PRENSA

Oksanen, J., F. Blanchet G., Kindt R., Legendre P., Minchin P, O'Hara R.,...Wagner H. (2015). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.3-0. Recuperado de: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Organización internacional de las Maderas Tropicales (1999) Ficha técnica No2. «Varillo» *Symphonia globulifera* Linn. F. Colección Maderas Tropicales de Honduras. Estudio de Crecimiento de Especies Nativas de Interés Comercial en Honduras (PROECEN). Proyecto PD 8/92 Rev. 2 (F). Recuperado de: [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2017/Technical/pd8-92-5-2%20rev2\(F\)%20s\\_Varillo\\_S.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2017/Technical/pd8-92-5-2%20rev2(F)%20s_Varillo_S.pdf)

Page S., Rieley J., Banks C. (2011) Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, (17): 798-818. Recuperado de: <http://lib.gen.in/.../743c7bb686b32732900cb5.../page2011.pdf>

Pallqui N., Monteagudo A., Phillips O., Lopez-Gonzalez G., Cruz L., Galiano W., ..., Vasquez R. (2014) Dinámica, biomasa aérea y composición florística en parcelas permanentes Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Revista peruana de biología* 21(3): 235 – 242 (Diciembre 2014). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v21i3.10897>

Phillips O., Hall P., Gentry A., Sawyer S., Vásquez R. (1994) Dynamics and species richness of tropical rain forests. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Ecology*. Vol. 91, pp. 2805-2809, March 1994. Recuperado de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC43459/pdf/pnas01129-0437.pdf>

Phillips, O., & Gentry, A. (1994) Increasing turnover through time in tropical forests. *Science* 263: 954-958. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/260048613\\_Phillips\\_OL\\_Gentry\\_AH\\_1994\\_Increasing\\_turnover\\_through\\_time\\_in\\_tropical\\_forests\\_Science\\_263\\_954-958](https://www.researchgate.net/publication/260048613_Phillips_OL_Gentry_AH_1994_Increasing_turnover_through_time_in_tropical_forests_Science_263_954-958)

Phillips, O.; Baker, T. (2006) Manual de campo para la remediación y establecimiento de parcelas RAINFOR. ECI – Oxford University. 18 pp. Recuperado de: [http://www.eci.ox.ac.uk/research/ecodynamics/panamazonia/spanish/rainfor\\_field\\_manual\\_spanish.pdf](http://www.eci.ox.ac.uk/research/ecodynamics/panamazonia/spanish/rainfor_field_manual_spanish.pdf)

Phillips O., Aragão L., Lewis S., Fisher J., Lloyd J., López-González G., ... Torres-Lezama A. (2009) Drought Sensivity of the Amazon Rainforest. *Science* (323):1344 - 1347. doi: 10.1126/science.1164033

Phillips O., Baker T., Feldpausch T., Brien R. (2016) Manual de campo para la remediación y establecimiento de parcelas RAINFOR. Recuperado de: <http://www.rainfor.org/es/manuales/fiel>

Quesada R., Acosta L., Garro M., Castillo M. (2012) Dinámica del crecimiento del bosque húmedo tropical, 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 25 (5):56-66.

Quinto H., Mosquera R., Ramos Y. (2009) Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque pluvial tropical de Chocó (Colombia). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 62 (1):4855-4868. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/1799/179915377013.pdf>

RAMSAR (noviembre, 2002). Humedales: agua, vida y cultura: Orientación para identificar y designar turberas, pastizales húmedos, manglares y arrecifes de coral como Humedales de Importancia Internacional. 8va. Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales. Valencia, España, 18 a 26 de noviembre de 2002.

Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Gland (Suiza): Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006.

Reynel C., Pennington R. T., Sarniken T. (2013) *Cómo se formó la diversidad ecológica*

del Perú. Lima, Imprenta Bellido. 472 pp.

Rómulo C L., Kennedy C J, Gilmore M P, Endress B A (2022) Sustainable harvest training in a common pool resource setting in the Peruvian Amazon: Limitations and opportunities. *Trees, Forests and People*, Volume 7. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100185>

Sales, D. (2006) *Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de Ucayali, e influencia de su uso y manejo en el secuestro del carbono. Tesis Doctoral. Facultad De Ciencias Químicas. Universidad De Sevilla.* 162 p.

Sales, D. (2010) *Caracterización físico-químico y molecular de los ecosistemas de aguajales, y su impacto en el cambio climático. INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria, PE). Lima - Perú.* 129 p.

Swaine, M.; Lieberman, D.; Putz, F. (1987) The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. *Journal of Tropical Ecology*. 3: 359 - 366. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/231894306\\_The\\_dynamics\\_of\\_tree\\_populations\\_in\\_tropical\\_forest\\_a\\_review\\_J\\_Trop\\_Ecol\\_3359-366](https://www.researchgate.net/publication/231894306_The_dynamics_of_tree_populations_in_tropical_forest_a_review_J_Trop_Ecol_3359-366)

United States Environmental Protection Agency (1999). *Innovative Technology Verification Report Sediment Sampling Technology Aquatic Research Instruments Russian Peat Borer.* Disponible en: <https://nepis.epa.gov/EPA/html/DLwait.htm?url=/Exe/ZyPDF.cgi/P10011T1.PDF?Dockey=P10011T1.PDF>

Uslar, Y V; Mostacedo, B; Saldías, M. (2003) *Composición, Estructura y Dinamia de un Bosque Seco semi deciduo en Santa Cruz, Bolivia. Documento Técnico 114/2003 Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.* 28p.

- Villarreal, H; Álvarez, M; Córdoba, S; Escobar, F; Fagua, G; Gast, F., ... Umaña, A. (2004) Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia. p. 185-226
- Valderrama, E H. (2013) Floristics and above-ground biomass (AGB) in peatlands in Peruvian lowland Amazonia (Loreto, Peru). Msc Thesis. Missouri, EUA, University of Missouri-St. Louis.
- Zanne, A E; Lopez-Gonzalez, G; Coomes, D A; Ilic, J; Jansen, S; Lewis, S L; Miller, ... Chave, J. (2009) Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters* (12): 351–36. doi: 10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x

## **VIII. ANEXOS**

## Anexo 1: Glosario

- Aguajal: : Bosque dominado por palmera *Mauritia flexuosa* «Aguaje».
- Bosque de pantano : Área boscosa que creció sobre un suelo anegado de agua dulce temporal o permanentemente.
- Bosque de Restinga : Área boscosa de mayor altitud que se inunda solo en épocas de grandes crecientes de ríos.
- Bosque de Tahuampa : Áreas boscosas que se inundan la mayor parte del año.
- Bosque de tierra firme : Área boscosa que no llega a inundarse por efecto de creciente de ríos, predomina en la cuenca amazónica. También en la clasificación de bosques por fisiografía son denominados como bosque de altura; sin embargo, este término también es usado para zonas andinas o de mayor altitud, donde el nombre correcto sería «bosque de montaña».
- Hidromórfico: : geolg. Suelo que en condiciones naturales se encuentra saturado de agua o con exceso de humedad. (RAE)
- Humedal: : Un humedal es una zona de la superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan (RAMSAR 2002).
- Minerotrófico : Relativo al origen de las turberas. Cuyo suministro de agua proviene de la superficie de escurrimiento o aguas subterráneas.
- Ombrotrofico : Relativo al origen de las turberas. Cuyo suministro de agua proviene de las lluvias.
- Tubera: : Zonas de acumulación de turba en el suelo
- Turba: : Capa de materia orgánica acumulada de 40 cm o más que contiene más del 30 por ciento de materia orgánica en sitios cenagosos. (Page et al., 2011)
- Varillal: : Bosques con alta densidad arbórea y dominados por individuos de diámetros delgados.
- Varillal de arena blanca : Ecosistema particular de la selva peruana donde sobre arena gruesa de color blanco crecen arboles de bajo diámetro

«varillal». Existen comunidades boscosas sobre arena blanca dentro de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana.

## Anexo 2: Acrónimos

A	: Área
AB	: Área basal
AGB	: Biomasa sobre el suelo ( <i>Above Ground Biomass</i> ).
BGB	: Biomasa bajo el suelo ( <i>Below Ground Biomass</i> ).
BOLFOR	: Proyecto de Manejo Forestal sustentable en Bolivia
C	: Carbono
CATIE	: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica
CIFOR	: Center for International Forestry Research
CM	: Cociente de mezcla
CO	: Carbono orgánico
COS	: Carbono orgánico del suelo
D	: Diámetro
DAP	: Diámetro a la altura del pecho (150 cm).
DB	: Densidad básica.
DCA	: <i>Detrended correspondence analysis</i> ; análisis de correspondencia sin tendencia.
EPA	: Agencia de Protección Ambiental (EEUU)
FCF	: Facultad de Ciencias Forestales
GEI:	: Gas efecto invernadero
GPS	: Aparato receptor del Sistema de Posicionamiento Global
H	: Altura
HH	: Herbario Herrerense, Loreto
HOXA	: Herbario del Jardín Botánico de Missouri en Oxapampa, Pasco

ICA	: Incremento corriente anual
IIAP	: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana
IMA	: Incremento medio anual
IPA	: Incremento periódico anual
IVI	: Índice de Valor de Importancia
MINAM	: Ministerio del Ambiente del Perú
MO	: Materia orgánica.
PPM	: Parcela permanente de muestreo
PROBOSQU ES	: Dirección de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ecosistémicos
RAINFOR	: Red Amazónica de Inventarios Forestales
RAMSAR	: Convención Internacional Sobre Humedales, Ramsar.
SWAMP	: The Sustainable Wetlands Adaptation and Mitigation Program
UNALM	: Universidad Nacional Agraria La Molina
USGS	: <i>U.S. Geological Survey</i>
$\rho$	: Densidad aparente de la madera

### Anexo 3: Materiales y equipos de la investigación

Fase	Materiales		
<b>Levantamiento de parcelas permanentes y medición de biomasa aérea</b>	GPS Garmin eTrex 20 Brújula Suunto Clinómetro Suunto Cinta diamétrica Cinta métrica de 50m	Formatos de campo RAINFOR Machete Libreta de campo Cinta <i>flagging</i> naranja	Pintura roja en aerosol Placas de aluminio Clavos Martillo
<b>Colecta de muestras botánicas</b>	Equipo de escalada de árboles: patas de loro, arnés, cuerdas, cinturón de seguridad Guantes Cámara fotográfica	Tijera telescópica Tijeras de podar Prensa botánica Alcohol 96° Papel periódico	Bolsas de plástico gruesas Plumón indeleble <i>Maskin tape</i> Libreta de campo Rafia
<b>Medición de suelo de los bosques de turbera</b>	Barrenador de suelo <i>Corer</i> ruso Cinta métrica de 50m GPS Garmin eTrex 20	Cámara fotográfica Plumón indeleble Bolsas de plásticas de cierre hermético <i>zip lock</i> de 0.12x0.15m y 0.30x0.24m	Espátula Cuchillo Etiquetas adhesivas <i>Maskin tape</i> Libreta de campo

---

Continuación...

---

<b>Materiales de laboratorio para la determinación de densidad aparente y contenido de carbono</b>	Estufa Balanza analítica Mortero	Bandejas de aluminio para secado Malla metálica 2mm Espátula	Analizador automático de C/N Microcube Molino para granular
--	--	--	---

---

<b>Materiales y equipos de Gabinete</b>	Datos de la primera evaluación de PPM Datos de la segunda evaluación de PPM	Equipo y software para el procesamiento de datos: Microsoft Excel 10, R Studio, ArcGIS 10.3, Microsoft Word 10	Secado de muestras botánicas: papel periódico, cartón, láminas de metal, horno de secado.
---	--	--	---

---

#### Anexo 4: Composición florística de las parcelas permanentes

##### A. Parcela JEN14

N	Familia	Especie
1	Annonaceae	Klarobelia inundata
2	Annonaceae	Oxandra indet
3	Annonaceae	Xylopia micans
4	Apocynaceae	Malouetia tamaquarina
5	Arecaceae	Euterpe precatoria
6	Arecaceae	Mauritia flexuosa
7	Arecaceae	Oenocarpus mapora
8	Arecaceae	Socratea exorrhiza
9	Clusiaceae	Garcinia macrophylla
10	Clusiaceae	Symphonia globulifera
11	Combretaceae	Buchenavia amazonia
12	Combretaceae	Terminalia dichotoma
13	Dichapetalaceae	Tapura acreana
14	Elaeocarpaceae	Sloanea laxiflora
15	Euphorbiaceae	Croton cuneatus
16	Euphorbiaceae	Hura crepitans
17	Euphorbiaceae	Sapium glandulosum
18	Fabaceae	Hydrochorea corymbosa
19	Fabaceae	Inga indet
20	Fabaceae	Inga psittacorum
21	Fabaceae	Inga sapindoides
22	Fabaceae	Macrolobium acaciifolium
23	Fabaceae	Pterocarpus amazonum
24	Fabaceae	Pterocarpus santalinoides
25	Fabaceae	Zygia cauliflora
26	Lauraceae	Endlicheria verticillata
27	Malvaceae	Ceiba samauma
28	Malvaceae	Pachira aquatica
29	Moraceae	Indet indet
30	Moraceae	Perebea indet

Continuación...		
31	Myristicaceae	Virola calophylla
32	Myristicaceae	Virola pavonis
33	Myrtaceae	Calyptranthes indet
34	Ochnaceae	Quiina blackii
35	Polygonaceae	Coccoloba mollis
36	Polygonaceae	Triplaris weigeltiana
37	Salicaceae	Casearia arborea
38	Urticaceae	Cecropia engleriana
39	Urticaceae	Cecropia indet
40	Urticaceae	Coussapoa trinervia
41	Urticaceae	Pourouma acuminata

## B. Parcela JEN15

N	Familia	Especie
1	Annonaceae	Klarobelia inundata
2	Annonaceae	Pseudoxandra polyphleba
3	Apocynaceae	Malouetia tamaquarina
4	Arecaceae	Mauritia flexuosa
5	Arecaceae	Astrocaryum jauari
6	Arecaceae	Euterpe precatória
7	Bignoniaceae	Tabebuia obscura
8	Boraginaceae	Cordia nodosa
9	Caryocaraceae	Caryocar microcarpum
10	Chrysobalanaceae	Couepia bernardii
11	Chrysobalanaceae	Parinari parilis
12	Chrysobalanaceae	Licania intrapetiolaris
13	Chrysobalanaceae	Licania micrantha
14	Clusiaceae	Symphonia globulifera
15	Clusiaceae	Garcinia macrophylla
16	Clusiaceae	Calophyllum brasiliense
17	Combretaceae	Buchenavia macrophylla
18	Combretaceae	Terminalia dichotoma
19	Dichapetalaceae	Tapura acreana

Continuación...		
20	Elaeocarpaceae	Sloanea guianensis
21	Euphorbiaceae	Hevea guianensis
22	Euphorbiaceae	Hura crepitans
23	Euphorbiaceae	Hevea nitida
24	Fabaceae	Macrolobium angustifolium
25	Fabaceae	Vatairea guianensis
26	Fabaceae	Tachigali paniculata
27	Fabaceae	Campsiandra angustifolia
28	Fabaceae	Inga bourgonii
29	Fabaceae	Taralea oppositifolia
30	Fabaceae	Inga umbellifera
31	Fabaceae	Inga sp3
32	Fabaceae	Inga stenoptera
33	Fabaceae	Fabaceae sp1
34	Fabaceae	Inga sp5
35	Fabaceae	Dussia tessmannii
36	Fabaceae	Inga sp9
37	Hypericaceae	Vismia sandwithii
38	Indet	Indet sp
39	Lecythidaceae	Eschweilera albiflora
40	Lecythidaceae	Eschweilera parvifolia
41	Lecythidaceae	Eschweilera bracteosa
42	Malpighiaceae	Byrsonima arthropoda
43	Malvaceae	Eriotheca macrophylla
44	Malvaceae	Sterculia frondosa
45	Melastomataceae	Mouriri grandiflora
46	Meliaceae	Trichilia rubra
47	Meliaceae	Tapirira guianensis
48	Moraceae	Ficus sphenophylla
49	Moraceae	Ficus popenoei
50	Moraceae	Naucleopsis indet
51	Moraceae	Sorocea steinbachii
52	Myristicaceae	Virola pavonis
53	Myristicaceae	Virola indet

Continuación...		
54	Myrtaceae	<i>Calyptanthes maxima</i>
55	Myrtaceae	<i>Eugenia marowynensis</i>
56	Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp2
57	Myrtaceae	<i>Myrciaria</i> sp1
58	Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp1
59	Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp3
60	Olacaceae	<i>Minquartia guianensis</i>
61	Olacaceae	<i>Cathedra acuminata</i>
62	Phyllanthaceae	<i>Amanoa oblongifolia</i>
63	Phyllanthaceae	<i>Amanoa</i> indet
64	Polygonaceae	<i>Coccoloba peruviana</i>
65	Polygonaceae	<i>Coccoloba densifrons</i>
66	Putranjivaceae	<i>Drypetes amazonica</i>
67	Rubiaceae	<i>Simira rubescens</i>
68	Salicaceae	<i>Xylosma</i> indet
69	Salicaceae	<i>Casearia arborea</i>
70	Sapotaceae	<i>Pouteria</i> indet
71	Sapotaceae	<i>Micropholis trunciflora</i>
72	Sapotaceae	<i>Pouteria</i> JH-SP7
73	Sapotaceae	<i>Micropholis venulosa</i>
74	Urticaceae	<i>Pourouma acuminata</i>
75	Urticaceae	<i>Cecropia engleriana</i>
76	Urticaceae	<i>Cecropia latiloba</i>
77	Violaceae	<i>Leonia crassa</i>

### C. Parcela VEN01

<b>N</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
1	Annonaceae	Unonopsis williamsii
2	Aquifoliaceae	Ilex andarensis
3	Arecaceae	Mauritia flexuosa
4	Arecaceae	Socratea exorrhiza
5	Arecaceae	Euterpe precatoria
6	Arecaceae	Oenocarpus mapora
7	Burseraceae	Protium glabrescens
8	Clusiaceae	Symphonia globulifera
9	Combretaceae	Buchenavia macrophylla
10	Dichapetalaceae	Tapura acreana
11	Ebenaceae	Diospyros artanthifolia
12	Elaeocarpaceae	Sloanea indet
13	Euphorbiaceae	Alchorneopsis floribunda
14	Euphorbiaceae	Alchornea schomburgkii
15	Fabaceae	Parkia nitida
16	Fabaceae	Vatairea guianensis
17	Fabaceae	Macrolobium multijugum
18	Indet	Indet sp
19	Lauraceae	Endlicheria verticillata
20	Lepidobotryaceae	Ruptiliocarpon caracolito
21	Malvaceae	Apeiba membranacea
22	Malvaceae	Sterculia indet
23	Malvaceae	Pachira aquatica
24	Meliaceae	Trichilia indet
25	Moraceae	Moraceae sp
26	Moraceae	Ficus sp6
27	Moraceae	Ficus pallida
28	Moraceae	Ficus popenoei
29	Moraceae	Ficus sp5
30	Myristicaceae	Virola pavonis
31	Myristicaceae	Virola elongata
32	Myristicaceae	Virola indet

Continuación...		
33	Myrtaceae	Calyptranthes maxima
34	Ochnaceae	Cespedesia spathulata
35	Ochnaceae	Ochnaceae sp
36	Olacaceae	Minquartia guianensis
37	Phyllanthaceae	Hieronyma alchorneoides
38	Phyllanthaceae	Amanoa guianensis
39	Polygonaceae	Coccoloba mollis
40	Rubiaceae	Rubiaceae indet
41	Salicaceae	Casearia arborea

#### D. Parcela VEN02

N	Familia	Especie
1	Apocynaceae	Malouetia tamaquarina
2	Aquifoliaceae	Ilex andarensis
3	Araliaceae	Dendropanax cuneatus
4	Araliaceae	Dendropanax indet
5	Arecaceae	Mauritia flexuosa
6	Arecaceae	Socratea exorrhiza
7	Arecaceae	Euterpe precatória
8	Arecaceae	Mauritiella armata
9	Arecaceae	Oenocarpus mapora
10	Bignoniaceae	Tabebuia insignis
11	Burseraceae	Protium glabrescens
12	Clusiaceae	Symphonia globulifera
13	Ebenaceae	Diospyros artanthifolia
14	Euphorbiaceae	Alchorneopsis floribunda
15	Euphorbiaceae	Alchornea schomburgkii
16	Euphorbiaceae	Hura crepitans
17	Fabaceae	Macrolobium multijugum
18	Fabaceae	Parkia nitida
19	Indet	Indet indet
20	Lauraceae	Endlicheria verticillata
21	Lepidobotryaceae	Ruptiliocarpon caracolito
22	Malvaceae	Sterculia indet

Continuación...		
23	Malvaceae	Pachira aquatica
24	Meliaceae	Trichilia indet
25	Moraceae	Indet indet
26	Moraceae	Ficus indet
27	Moraceae	Ficus indet
28	Myristicaceae	Virola pavonis
29	Myrtaceae	Indet indet
30	Ochnaceae	Cespedesia spathulata
31	Phyllanthaceae	Amanoa oblongifolia
32	Urticaceae	Cecropia engleriana
33	Urticaceae	Cecropia latiloba
34	Urticaceae	Cecropia indet

#### E. Parcela VEN03

N	Familia	Especie
1	Anacardiaceae	Tapirira guianensis
2	Apocynaceae	Aspidosperma indet
3	Aquifoliaceae	Ilex andariensis
4	Arecaceae	Mauritia flexuosa
5	Arecaceae	Euterpe precatória
6	Arecaceae	Mauritiella armata
7	Bignoniaceae	Tabebuia insignis
8	Clusiaceae	Symphonia globulifera
9	Euphorbiaceae	Alchornea discolor
10	Fabaceae	Macrolobium multijugum
11	Lauraceae	Nectandra indet
12	Moraceae	Ficus americana
13	Urticaceae	Cecropia indet

**F. Parcela VEN04**

<b>N</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
1	Aquifoliaceae	Ilex andariensis
2	Arecaceae	Mauritia flexuosa
3	Arecaceae	Mauritiella armata
4	Bignoniaceae	Tabebuia insignis
5	Clusiaceae	Symphonia globulifera
6	Euphorbiaceae	Alchornea discolor
7	Euphorbiaceae	Alchorneopsis floribunda
8	Moraceae	Ficus americana
9	Primulaceae	Cybianthus reticulatus
10	Urticaceae	Cecropia latiloba

**G. Parcela VEN05**

<b>N</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
1	Anacardiaceae	Tapirira guianensis
2	Aquifoliaceae	Ilex andariensis
3	Arecaceae	Mauritiella armata
4	Arecaceae	Mauritia flexuosa
5	Bignoniaceae	Tabebuia insignis
6	Clusiaceae	Symphonia globulifera
7	Euphorbiaceae	Alchornea discolor
8	Fabaceae	Macrolobium multijugum
9	Malvaceae	Lueheopsis hoehnei
10	Primulaceae	Cybianthus reticulatus
11	Urticaceae	Cecropia latiloba

## H. Parcela MIR03

N	Familia	Especie
1	Annonaceae	Oxandra mediocris
2	Annonaceae	Bocageopsis canescens
3	Apocynaceae	Macoubea sprucei
4	Apocynaceae	Aspidosperma indet
5	Apocynaceae	Aspidosperma schultesii
6	Aquifoliaceae	Ilex andarensis
7	Araliaceae	Dendropanax cuneatus
8	Arecaceae	Mauritia flexuosa
9	Elaeocarpaceae	Sloanea guianensis
10	Euphorbiaceae	Hevea guianensis
11	Fabaceae	Macrolobium ischnocalyx
12	Lauraceae	Ocotea cernua
13	Lauraceae	Nectandra indet
14	Lecythidaceae	Eschweilera indet
15	Malvaceae	Pachira brevipes
16	Meliaceae	Trichilia micrantha
17	Moraceae	Ficus guianensis
18	Moraceae	Brosimum rubescens
19	Moraceae	Brosimum utile
20	Myristicaceae	Virola pavonis
21	Myristicaceae	Iryanthera elliptica
22	Rubiaceae	Ferdinandusa chlorantha
23	Sapindaceae	Matayba inelegans
24	Sapindaceae	Matayba indet
25	Sapotaceae	Chrysophyllum amazonicum

## I. Parcela NYO03

N	Familia	Especie
1	Anacardiaceae	Tapirira guianensis
2	Annonaceae	Oxandra mediocris

Continuación...		
3	Annonaceae	<i>Pseudoxandra polyphleba</i>
4	Annonaceae	<i>Guatteria decurrens</i>
5	Apocynaceae	<i>Aspidosperma</i> indet
6	Apocynaceae	<i>Himatanthus sucuuba</i>
7	Aquifoliaceae	<i>Ilex andarensis</i>
8	Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i>
9	Clusiaceae	<i>Chrysochlamys</i> indet
10	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea durissima</i>
11	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea guianensis</i>
12	Euphorbiaceae	<i>Hevea guianensis</i>
13	Euphorbiaceae	<i>Alchornea schomburgkii</i>
14	Euphorbiaceae	<i>Alchornea discolor</i>
15	Fabaceae	<i>Ormosia coccinea</i>
16	Fabaceae	<i>Vatairea guianensis</i>
17	Lauraceae	<i>Ocotea cernua</i>
18	Lecythidaceae	<i>Cariniana decandra</i>
19	Malvaceae	<i>Pachira brevipes</i>
20	Moraceae	<i>Ficus</i> indet
21	Moraceae	<i>Ficus</i> indet
22	Moraceae	<i>Ficus guianensis</i>
23	Moraceae	<i>Brosimum rubescens</i>
24	Moraceae	<i>Brosimum utile</i>
25	Moraceae	Indet indet
26	Myristicaceae	<i>Virola pavonis</i>
27	Myrtaceae	<i>Eugenia</i> indet
28	Primulaceae	<i>Cybianthus reticulatus</i>
29	Rubiaceae	<i>Platycarpum loretense</i>
30	Rubiaceae	<i>Ferdinandusa chlorantha</i>
31	Rubiaceae	<i>Remijia ulei</i>
32	Rubiaceae	Indet indet
33	Sapindaceae	<i>Matayba inelegans</i>
34	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum amazonicum</i>
35	Urticaceae	<i>Coussapoa orthoneura</i>

**J. PAR01**

N	Familia	Especies
1	Anacardiaceae	Tapirira guianensis
2	Annonaceae	Tetrameranthus indet
3	Arecaceae	Mauritia flexuosa
4	Arecaceae	Socratea exorrhiza
5	Arecaceae	Euterpe precatória
6	Arecaceae	Astrocaryum murumuru
7	Arecaceae	Oenocarpus balickii
8	Arecaceae	Mauritiella armata
9	Chrysobalanaceae	Licania micrantha
10	Clusiaceae	Symphonia globulifera
11	Combretaceae	Terminalia oblonga
12	Euphorbiaceae	Hura crepitans
13	Euphorbiaceae	Alchornea latifolia
14	Fabaceae	Pterocarpus amazonum
15	Fabaceae	Parkia nitida
16	Fabaceae	Inga cayennensis
17	Fabaceae	Crudia indet
18	Indet	Indet indet
19	Lauraceae	Indet indet
20	Lecythidaceae	Eschweilera albiflora
21	Malpighiaceae	Byrsonima japurensis
22	Malvaceae	Apeiba membranacea
23	Malvaceae	Sterculia indet
24	Meliaceae	Guarea guidonia
25	Moraceae	Sorocea steinbachii
26	Moraceae	Indet indet
27	Moraceae	Ficus indet
28	Moraceae	Ficus indet
29	Myristicaceae	Virola pavonis
30	Phyllanthaceae	Hieronyma indet
31	Salicaceae	Xylosma tessmannii

Continuación...		
32	Sapotaceae	<i>Micropholis egensis</i>
33	Sapotaceae	<i>Elaeoluma glabrescens</i>
34	Urticaceae	<i>Cecropia ficifolia</i>

## Anexo 5: Índice de Valor de Importancia (IVI)

### A. IVI en JEN15

Familia	Especie	Ar	Fr	Dr	IVI (%)
Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i>	19.54	7.18	33.83	60.55
Myristicaceae	<i>Virola pavonis</i>	6.90	6.08	10.42	23.39
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i>	6.51	5.52	10.08	22.12
Lecythidaceae	<i>Eschweilera albiflora</i>	6.51	6.63	3.75	16.89
Clusiaceae	<i>Garcinia macrophylla</i>	5.75	7.18	3.37	16.30
Fabaceae	<i>Vatairea guianensis</i>	4.21	4.42	1.60	10.24
Lecythidaceae	<i>Eschweilera bracteosa</i>	2.68	2.21	3.14	8.04
Moraceae	<i>Ficus sphenophylla</i>	0.38	0.55	7.04	7.98
Olacaceae	<i>Cathedra acuminata</i>	2.3	2.8	0.9	6.0
Phyllanthaceae	<i>Amanoa oblongifolia</i>	1.9	2.8	1.2	5.9
Otras	64 especies	43.30	54.70	24.68	122.68
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### B. IVI en JEN14

Familia	Especie	Ar	Fr	Dr	IVI (%)
Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i>	57.66	15.79	59.83	133.27
Euphorbiaceae	<i>Hura crepitans</i>	5.41	9.47	22.16	37.04
Myristicaceae	<i>Virola pavonis</i>	6.31	10.53	5.13	21.97
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i>	2.25	5.26	1.33	8.84
Fabaceae	<i>Pterocarpus santalinoides</i>	3.15	4.21	0.79	8.16
Malvaceae	<i>Pachira aquatica</i>	1.80	4.21	0.95	6.97
Clusiaceae	<i>Garcinia macrophylla</i>	1.80	4.21	0.40	6.41
Annonaceae	<i>Xylopia micans</i>	1.80	4.21	0.37	6.38
Arecaceae	<i>Euterpe precatoria</i>	1.35	3.16	0.37	4.88
Fabaceae	<i>Pterocarpus amazonum</i>	1.35	2.11	1.39	4.85
Otras	30 especies	17.12	36.84	7.27	61.23
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### C. IVI en MIR03

Familia	Especie	Ar	Fr	Dr	IVI (%)
Malvaceae	<i>Pachira brevipes</i>	58.47	11.36	56.97	126.80
Euphorbiaceae	<i>Hevea guianensis</i>	9.31	11.36	5.92	26.59
Fabaceae	<i>Macrolobium ischnocalyx</i>	8.57	9.85	4.81	23.23
Annonaceae	<i>Oxandra mediocris</i>	4.10	9.85	6.45	20.39
Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i>	3.17	7.58	7.62	18.36
Apocynaceae	<i>Macoubea sprucei</i>	2.61	7.58	7.75	17.93
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea guianensis</i>	2.05	6.06	3.05	11.16
Moraceae	<i>Brosimum utile</i>	2.05	6.06	1.27	9.38
Annonaceae	<i>Bocageopsis canescens</i>	1.68	4.55	0.92	7.15
Rubiaceae	<i>Ferdinandusa chlorantha</i>	1.49	4.55	0.66	6.70
Otras	15 especies	6.52	21.21	4.58	32.31
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### D. IVI en NYO03

Familia	Especie	Ar	Fr	Dr	IVI (%)
Malvaceae	<i>Pachira brevipes</i>	26.68	8.93	22.83	58.44
Rubiaceae	<i>Platycarpum loretense</i>	17.94	8.93	29.43	56.29
Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i>	8.74	8.33	15.72	32.80
Annonaceae	<i>Oxandra mediocris</i>	13.23	8.33	10.61	32.17
Euphorbiaceae	<i>Hevea guianensis</i>	7.85	8.93	3.98	20.75
Moraceae	<i>Ficus sp2</i>	3.36	5.95	1.57	10.89
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea durissima</i>	2.69	5.36	2.49	10.54
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum amazonicum</i>	2.69	4.76	1.86	9.31
Fabaceae	<i>Vatairea guianensis</i>	2.02	5.36	1.45	8.82
Apocynaceae	<i>Aspidosperma sp2</i>	1.79	4.76	0.94	7.49
Otras	25 especies	13.00	30.36	9.12	52.48
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### E. IVI en PRN01

Familia	Especie	Ar	Fr	Dr	IVI (%)
Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i>	36.48	11.54	57.52	105.54
Arecaceae	<i>Socratea exorrhiza</i>	11.07	9.23	4.61	24.92
Arecaceae	<i>Euterpe precatoria</i>	9.12	10.00	4.55	23.67
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i>	7.82	8.46	7.11	23.39
Myristicaceae	<i>Virola pavonis</i>	7.82	8.46	5.58	21.86
Euphorbiaceae	<i>Hura crepitans</i>	1.95	3.85	7.41	13.21
Sapotaceae	<i>Micropholis egensis</i>	2.28	5.38	2.89	10.56
Arecaceae	<i>Mauritiella armata</i>	4.23	2.31	1.19	7.73
Fabaceae	<i>Pterocarpus amazonum</i>	1.95	3.85	0.82	6.62
Moraceae	<i>Ficus sp1</i>	1.63	3.85	0.59	6.06
Otras	24 especies	15.64	33.08	7.72	56.43
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### F. IVI en VEN01

Familia	Especie	Ar	Fr	Dr	IVI (%)
Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i>	28.80	11.90	44.70	85.41
Myristicaceae	<i>Virola pavonis</i>	10.40	9.52	21.32	41.24
Lepidobotryaceae	<i>Ruptiliocarpon caracolito</i>	13.20	11.11	8.98	33.29
Arecaceae	<i>Euterpe precatoria</i>	12.00	9.52	3.56	25.09
Arecaceae	<i>Socratea exorrhiza</i>	8.00	8.73	2.27	19.00
Malvaceae	<i>Apeiba membranacea</i>	2.80	4.76	4.29	11.85
Phyllanthaceae	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	3.60	5.56	2.45	11.60
Fabaceae	<i>Vatairea guianensis</i>	1.20	2.38	1.79	5.37
Burseraceae	<i>Protium glabrescens</i>	2.40	2.38	0.55	5.33
Fabaceae	<i>Macrolobium multijugum</i>	1.20	2.38	1.41	4.99
Otras	30 especies	16.40	31.75	8.68	56.82
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### G. IVI en VEN02

Familia	Especie	Ar	Fr	Dr	IVI (%)
<b>Arecaceae</b>	<i>Mauritia flexuosa</i>	56.89	14.85	85.54	157.27
<b>Arecaceae</b>	<i>Socratea exorrhiza</i>	12.87	12.87	3.40	29.14
<b>Arecaceae</b>	<i>Euterpe precatoria</i>	9.58	12.87	2.17	24.62
<b>Aquifoliaceae</b>	<i>Ilex andarensis</i>	2.69	5.94	1.73	10.36
<b>Lepidobotryaceae</b>	<i>Ruptiliocarpon caracolito</i>	2.10	6.93	1.22	10.24
<b>Moraceae</b>	<i>Ficus sp4</i>	2.40	5.94	1.07	9.41
<b>Burseraceae</b>	<i>Protium glabrescens</i>	1.80	5.94	0.54	8.28
<b>Phyllanthaceae</b>	<i>Amanoa oblongifolia</i>	1.50	3.96	0.58	6.04
<b>Clusiaceae</b>	<i>Symphonia globulifera</i>	1.20	2.97	0.34	4.51
<b>Fabaceae</b>	<i>Parkia nítida</i>	0.90	2.97	0.30	4.17
<b>Otras</b>	19 especies	8.08	24.75	3.12	35.96
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### H. IVI enVEN03

Familia	Especie	Ar	Fr	Dr	IVI (%)
<b>Arecaceae</b>	<i>Mauritia flexuosa</i>	69.77	24.07	91.99	185.83
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Tabebuia insignis</i>	11.24	22.22	2.95	36.41
<b>Aquifoliaceae</b>	<i>Ilex andariensis</i>	5.43	12.96	1.30	19.69
<b>Urticaceae</b>	<i>Cecropia sp1</i>	2.33	11.11	0.55	13.98
<b>Arecaceae</b>	<i>Mauritiella armata</i>	5.43	5.56	1.44	12.42
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Alchornea discolor</i>	1.94	7.41	0.73	10.08
<b>Arecaceae</b>	<i>Euterpe precatoria</i>	1.55	5.56	0.37	7.48
<b>Moraceae</b>	<i>Ficus americana</i>	0.39	1.85	0.20	2.44
<b>Fabaceae</b>	<i>Macrolobium multijugum</i>	0.39	1.85	0.15	2.39
<b>Anacardiaceae</b>	<i>Tapirira guianensis</i>	0.39	1.85	0.11	2.35
<b>Otras</b>	3 especies	1.16	5.56	0.21	6.93
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### I. IVI en VEN04

Familia	Especie	Ar	Fr	Dr	IVI (%)
<b>Arecaceae</b>	<i>Mauritia flexuosa</i>	44.03	24.07	84.64	152.74
<b>Arecaceae</b>	<i>Mauritiella armata</i>	40.61	24.07	10.43	75.12
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Tabebuia insignis</i>	6.48	14.81	1.89	23.19
<b>Aquifoliaceae</b>	<i>Ilex andariensis</i>	3.41	12.96	1.39	17.76
<b>Urticaceae</b>	<i>Cecropia latiloba</i>	3.07	11.11	0.87	15.06
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Alchornea discolor</i>	1.02	5.56	0.26	6.84
<b>Primulaceae</b>	<i>Cybianthus reticulatus</i>	0.68	3.70	0.35	4.73
<b>Clusiaceae</b>	<i>Symphonia globulifera</i>	0.34	1.85	0.08	2.28
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Alchorneopsis floribunda</i>	0.34	1.85	0.08	2.27
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### J. IVI en VEN05

Familia	Especie	Ar	Fr	Dr	IVI (%)
<b>Arecaceae</b>	<i>Mauritia flexuosa</i>	31.89	18.31	75.76	125.96
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Tabebuia insignis</i>	22.44	18.31	7.62	48.37
<b>Arecaceae</b>	<i>Mauritiella armata</i>	22.44	16.90	7.34	46.68
<b>Aquifoliaceae</b>	<i>Ilex andarensis</i>	9.84	14.08	4.45	28.38
<b>Anacardiaceae</b>	<i>Tapirira guianensis</i>	5.51	12.68	2.17	20.35
<b>Primulaceae</b>	<i>Cybianthus reticulatus</i>	4.33	7.04	1.24	12.61
<b>Clusiaceae</b>	<i>Symphonia globulifera</i>	1.18	4.23	0.31	5.71
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Alchornea discolor</i>	0.79	2.82	0.49	4.09
<b>Fabaceae</b>	<i>Macrolobium multijugum</i>	0.79	2.82	0.23	3.83
<b>Urticaceae</b>	<i>Cecropia latiloba</i>	0.39	1.41	0.22	2.03
<b>Malvaceae</b>	<i>Lueheopsis hoehnei</i>	0.39	1.41	0.17	1.97
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

## Anexo 6: Determinaciones y números de colecta o *voucher*

Parcela	ID	Sub parcela	X	Y	Familia	Especie	Voucher
JEN14	6	1	10,5	19,5	Annonaceae	Xylopia micans	MCC1
JEN14	9	1	10	6	Myristicaceae	Virola pavonis	MCC2
JEN14	10	1	10	3	Annonaceae	Klarobelia inundata	MCC3
JEN14	18	2	16,5	4,5	Fabaceae	Pterocarpus santalinoides	MCC4
JEN14	37	2	2	16	Clusiaceae	Symphonia globulifera	MCC5
JEN14	47	3	15,5	10	Polygonaceae	Coccoloba mollis	MCC6
JEN14	49	3	11	13	Fabaceae	Pterocarpus amazonum	MCC7
JEN14	51	3	19,2	9	Fabaceae	Pterocarpus amazonum	MCC8
JEN14	52	3	17,5	13,5	Elaeocarpaceae	Sloanea laxiflora	MCC9
JEN14	53	3	19,4	13,5	Combretaceae	Terminalia dichotoma	MCC10
JEN14	54	3	18,8	14,5	Clusiaceae	Garcinia macrophylla	MCC11
JEN14	63	4	13	2,7	Fabaceae	Macrolobium acaciifolium	MCC12
JEN14	72	4	2,5	9,3	Malvaceae	Pachira aquatica	MCC13
JEN14	82	5	19	6	Dichapetalaceae	Tapura acreana	MCC14
JEN14	97	6	13	13,5	Urticaceae	Pourouma acuminata	MCC15
JEN14	115	7	8	10	Urticaceae	Coussapoa trinervia	MCC16
JEN14	121	7	17	9,5	Fabaceae	Inga psittacorum	MCC17
JEN14	123	7	9,5	2	Apocynaceae	Malouetia tamaquarina	MCC18
JEN14	127	8	12	15,5	Fabaceae	Inga sp4	MCC19
JEN14	131	8	16,5	12	Fabaceae	Pterocarpus santalinoides	MCC19A
JEN14	132	8	13	10	Moraceae	Perebea JH-SP2	MCC20
JEN14	188	13	*	16,5	Fabaceae	Zygia cauliflora	MCC26
JEN14	195	14	4,5	14	Fabaceae	Inga sp1	MCC27
JEN14	110	6	1,3	10	Malvaceae	Ceiba samauma	CBF14
JEN14		1	4,5	3,5	Salicaceae	Casearia arborea	CBF1
JEN14		1	5	10,5	Myrtaceae	Calyptanthus sp3	CBF2
JEN14		2	4,6	18,3	Annonaceae	Xylopia micans	CBF3
JEN14		3	19	14,5	Fabaceae	Pterocarpus amazonum	CBF4
JEN14		3	16	13,5	Myristicaceae	Virola calophylla	CBF5
JEN14		3	15	20	Fabaceae	Pterocarpus santalinoides	CBF6

Continuación...							
JEN14		3	15,4	15,5	Combretaceae	Buchenavia amazonia	CBF7
JEN14		4	15	13,2	Apocynaceae	Malouetia tamaquarina	CBF8
JEN14		5	14,7	8,3	Myristicaceae	Virola pavonis	CBF9
JEN14		6	18	5	Urticaceae	Cecropia sp1	CBF10
JEN14		6	14,5	8,5	Euphorbiaceae	Croton cuneatus	CBF11
JEN14		6	12	0,5	Moraceae	Moraceae sp	CBF12
JEN14		6	8,5	4	Polygonaceae	Triplaris weigeltiana	CBF13
JEN14		7	19	17,5	Fabaceae	Inga sp4	CBF15
JEN14		7	15	9,5	Clusiaceae	Garcinia macrophylla	CBF16
JEN14		7	19	13	Urticaceae	Pourouma acuminata	CBF17
JEN14		8	12,5	2,5	Fabaceae	Hydrochorea corymbosa	CBF18
JEN14		13	5	8,7	Annonaceae	Oxandra sp1	CBF19
JEN14		13	8	16	Myrtaceae	Myrtaceae sp2	CBF20
JEN14		14	5	5,2	Lauraceae	Endlicheria verticillata	CBF21
JEN15	209	1	2,4	1,6	Phyllanthaceae	Amanoa oblongifolia	MCC28
JEN15	210	1	2,7	1,6	Clusiaceae	Symphonia globulifera	MCC29
JEN15	211	1	1,3	2,6	Lecythidaceae	Lecythis indet	MCC42
JEN15	216	1	12	2,5	Sapotaceae	Pouteria indet	MCC30
JEN15	218	1	11,8	8,3	Clusiaceae	Garcinia macrophylla	MCC31
JEN15	219	1	13,2	0,3	Fabaceae	Macrolobium angustifolium	MCC32
JEN15	221	1	17	5,3	Fabaceae	Vatairea guianensis	MCC33
JEN15	223	1	20	5	Fabaceae	Tachigali paniculata	MCC34
JEN15	224	1	15	16,5	Olacaceae	Minuartia guianensis	MCC35
JEN15	228	2	8,5	3,7	Fabaceae	Campsiandra angustifolia	MCC36
JEN15	230	2	14,5	1,3	Myristicaceae	Virola pavonis	MCC37
JEN15	234	2	18	17	Sapotaceae	Micropholis trunciflora	MCC38
JEN15	235	2	16,5	18	Combretaceae	Buchenavia macrophylla	MCC39
JEN15	241	3	0,5	3	Meliaceae	Trichilia rubra	MCC40
JEN15	243	3	9	8,5	Annonaceae	Klarobelia inundata	MCC41
JEN15	248	3	15,4	1	Salicaceae	Xylosma indet	MCC43
JEN15	249	3	16,7	3,5	Combretaceae	Terminalia dichotoma	MCC44
JEN15	250	3	17	5	Lecythidaceae	Eschweilera parvifolia	MCC45
JEN15	253	3	19,4	10,5	Euphorbiaceae	Hevea guianensis	MCC46

Continuación...							
JEN15	257	3	6,5	14	Fabaceae	Vatairea guianensis	MCC47
JEN15	258	3	0,3	12	Fabaceae	Macrolobium angustifolium	MCC48
JEN15	259	3	1	16,5	Dichapetalaceae	Tapura acreana	MCC49
JEN15	260	2	7	15	Urticaceae	Pouroma acuminata	MCC50
JEN15	261	4	0,2	3,4	Fabaceae	Inga bourgonii	MCC51
JEN15	263	4	3	5	Apocynaceae	Malouetia tamaquarina	MCC52
JEN15	270	4	14	7	Lecythidaceae	Lecythis indet	MCC53
JEN15	275	4	12	16,5	Malvaceae	Eriotheca macrophylla	MCC54
JEN15	277	4	11,5	10	Fabaceae	Taralea oppositifolia	MCC55
JEN15	280	4	4,7	13	Fabaceae	Campsiandra angustifolia	MCC56
JEN15	289	5	15	8,7	Combretaceae	Buchenavia macrophylla	MCC57
JEN15	290	5	15	10	Myrtaceae	Calyptanthes maxima	MCC58
JEN15	292	5	19	3	Fabaceae	Inga umbellifera	MCC59
JEN15	302	5	0,3	19,6	Combretaceae	Terminalia dichotoma	MCC60
JEN15	306	6	5	10	Fabaceae	Inga bourgonii	MCC61
JEN15	307	6	12	10	Chrysobalanaceae	Couepia bernardii	MCC62
JEN15	308	6	12	15	Chrysobalanaceae	Parinari parilis	MCC65
JEN15	312	6	18,8	8,7	Bignoniaceae	Tabebuia obscura	MCC63
JEN15	313	6	17,5	5	Myrtaceae	Eugenia marowynensis	MCC64
JEN15	318	6	14	10	Phyllanthaceae	Amanoa oblongifolia	MCC66
JEN15	319	6	12	8	Chrysobalanaceae	Licania intrapetiolaris	MCC67
JEN15	320	6	5	7	Boraginaceae	Cordia nodosa	MCC68
JEN15	321	6	5	4	Olacaceae	Cathedra acuminata	MCC69
JEN15	323	6	2	10	Euphorbiaceae	Hura crepitans	AAR2
JEN15	332	7	8	13	Violaceae	Leonia crassa	MCC70
JEN15	333	7	6,7	12,8	Urticaceae	Cecropia engleriana	MCC71
JEN15	336	7	8	17,5	Fabaceae	Inga indet	MCC72
JEN15	337	7	0	8	Myrtaceae	Myrcia indet	MCC73
JEN15	338	7	8	7	Fabaceae	Inga stenoptera	MCC74
JEN15	340	7	12	6	Fabaceae	Inga umbellifera	MCC75
JEN15	343	7	13	0,5	Salicaceae	Casearia arborea	MCC76
JEN15	358	8	19,5	2	Olacaceae	Cathedra acuminata	MCC77
JEN15	360	8	10	6	Myrtaceae	Myrciaria indet	MCC78

Continuación...							
JEN15	365	9	5	14	Moraceae	Ficus sphenophylla	MCC79
JEN15	371	9	3	3,5	Fabaceae	Tachigali paniculata	MCC80
JEN15	375	9	18,8	0,4	Polygonaceae	Coccoloba peruviana	MCC81
JEN15	387	10	9,5	10	Elaeocarpaceae	Sloanea guianensis	MCC94A
JEN15	389	10	9	4	Phyllanthaceae	Amanoa indet	MCC82
JEN15	390	10	7,5	4	Polygonaceae	Coccoloba densifrons	MCC83
JEN15	395	10	1,4	11,9	Fabaceae	Tachigali paniculata	MCC84
JEN15	399	10	14	7	Olcaceae	Cathedra acuminata	MCC85
JEN15	401	11	3,5	7	Clusiaceae	Calophyllum brasiliense	EHC883
JEN15	410	11	9,5	14	Melastomataceae	Mouriri grandiflora	MCC86
JEN15	411	11	9,5	16	Chrysobalanaceae	Licania micrantha	MCC87
JEN15	412	11	9	17	Moraceae	Ficus popenoei	MCC88
JEN15	413	12	3,5	7	Moraceae	Naucleopsis indet	MCC89
JEN15	441	14	0,4	7,5	Malpighiaceae	Byrsonima arthropoda	MCC90
JEN15	443	14	0	11	Phyllanthaceae	Amanoa oblongifolia	MCC91
JEN15	447	15	9	0,6	Malvaceae	Sterculia frondosa	MCC92
JEN15	449	15	7,5	1,5	Fabaceae	Indet indet	MCC93
JEN15	451	15	3,5	1,3	Rubiaceae	Simira rubescens	MCC94
JEN15	454	15	6,5	7,2	Caryocaraceae	Caryocar microcarpum	MCC95
JEN15	456	15	9	8,5	Phyllanthaceae	Amanoa oblongifolia	MCC96
JEN15	457	15	9,3	11	Sapotaceae	Pouteria indet	MCC97
JEN15	458	15	9	11,3	Fabaceae	Inga indet	MCC98
JEN15	459	15	8,7	14,5	Moraceae	Sorocea steinbachii	MCC99
JEN15	461	15	3,5	19,7	Fabaceae	Tachigali paniculata	MCC100
JEN15	462	15	1	18,5	Lecythidaceae	Eschweilera albiflora	MCC101
JEN15	210	1	2,7	1,6	Clusiaceae	Symphonia globulifera	CBF22
JEN15	298	5	10	18,2	Clusiaceae	Garcinia macrophylla	CBF23
JEN15	303	6	1,5	18	Fabaceae	Vatairea guianensis	LHC-10
JEN15	308	6	12	15	Chrysobalanaceae	Parinari parilis	CBF24
JEN15	437	14	3,5	7,2	Myristicaceae	Virola pavonis	CBF25
JEN15		1	1,7	2,1	Moraceae	Sorocea steinbachii	LHC-01
JEN15		2	19	17,5	Myristicaceae	Virola pavonis	LHC-02
JEN15		4	15	6	Apocynaceae	Malouetia tamaquarina	LHC-03

Continuación...							
JEN15		4	18,5	12	Myrtaceae	Indet indet	LHC-05
JEN15		4	17,5	16	Fabaceae	Vatairea guianensis	LHC-04
JEN15		4	8	19,6	Meliaceae	Trichilia rubra	LHC-06
JEN15		5	4	0,5	Fabaceae	Indet indet	LHC-09
JEN15		5	15	10	Myrtaceae	Indet indet	LHC-07
JEN15		5	17,5	8,5	Putranjivaceae	Drypetes amazonica	LHC-08
JEN15		7	15	18	Sapotaceae	Micropholis venulosa	LHC-11
JEN15		7	10	14	Urticaceae	Cecropia engleriana	LHC-12
JEN15		7	17,5	10	Clusiaceae	Garcinia macrophylla	LHC-13
JEN15		7	2	15	Myrtaceae	Indet indet	LHC-14
JEN15		9	5	5	Chrysobalanaceae	Licania intrapetiolaris	LHC-15
JEN15		10	6	5	Annonaceae	Oxandra indet	LHC-16
JEN15		10	1,2	4,5	Fabaceae	Tachigali paniculata	LHC-17
JEN15		12	7,5	1	Hypericaceae	Vismia sandwithii	LHC-18
JEN15		12	2	7	Chrysobalanaceae	Licania intrapetiolaris	LHC-19
JEN15		12	9,5	12	Olacaceae	Cathedra acuminata	LHC-20
JEN15		13	5	6	Myristicaceae	Virola indet	LHC-21
JEN15		14	4	15	Fabaceae	Inga indet	LHC-22
VEN01	4	1	5	4	Myristicaceae	Virola pavonis	EHC459
VEN01	6	1	9,5	10	Fabaceae	Parkia nitida	EHC460
VEN01	8	1	3	14	Lepidobotryaceae	Ruptiliocarpon caracolito	EHC461
VEN01	11	1	10	12	Myristicaceae	Virola elongata	EHC462
VEN01	12	1	10,3	13	Phyllanthaceae	Hieronyma alchorneoides	EHC463
VEN01	21	1	17	16,5	Polygonaceae	Coccoloba mollis	EHC464
VEN01	22	1	16	18,5	Burseraceae	Protium glabrescens	EHC465
VEN01	23	2	18,5	1	Aquifoliaceae	Ilex andarensis	EHC466
VEN01	27	2	19	6	Malvaceae	Apeiba membranacea	EHC467
VEN01	33	2	2,5	6	Fabaceae	Vatairea guianensis	EHC468
VEN01	35	2	2,3	6	Phyllanthaceae	Amanoa guianensis	EHC469
VEN01	43	2	3	19,6	Combretaceae	Buchenavia macrophylla	EHC471
VEN01	53	3	18,5	4	Malvaceae	Sterculia indet	EHC472
VEN01	54	3	19	5	Fabaceae	Macrolobium multijugum	EHC473
VEN01	67	3	15	18	Rubiaceae	Indet indet	EHC475

Continuación...							
VEN01	77	4	12	2,5	Moraceae	Indet indet	EHC476
VEN01	99	5	19,5	15	Euphorbiaceae	Alchorneopsis floribunda	EHC478
VEN01	104	5	13	12	Moraceae	Ficus indet	EHC479
VEN01	107	5	11	18,8	Phyllanthaceae	Hieronyma alchorneoides	EHC481
VEN01	115	6	8	4	Lauraceae	Endlicheria verticillata	EHC480
VEN01	137	7	5	17	Euphorbiaceae	Alchornea schomburgkii	EHC482
VEN01	142	7	0,5	7	Aquifoliaceae	Ilex andarensis	EHC483
VEN01	164	8	1	18,5	Annonaceae	Unonopsis williamsii	EHC484
VEN01	173	8	12	17	Apocynaceae	Malouetia tamaquarina	EHC485
VEN01	175	8	9	15	Annonaceae	Rollinia cuspidata	EHC486
VEN01	176	8	9	16	Araliaceae	Dendropanax indet	EHC500
VEN01	181	8	4	11,5	Olacaceae	Minuartia guianensis	MCC35
VEN01	184	8	6	2	Myrtaceae	Calyptanthes maxima	EHC488
VEN01	187	8	0,5	4	Lauraceae	Aniba taubertiana	aff; EHC489
VEN01	190	8	4	1,3	Annonaceae	Guatteria decurrens	EHC490
VEN01	193	8	4,5	7	Meliaceae	Trichilia indet	EHC493
VEN01	197	8	7,5	6,5	Meliaceae	Trichilia indet	EHC491
VEN01	198	8	10	5,5	Myrtaceae	Eugenia egensis	EHC492
VEN01	207	8	16,5	6,5	Salicaceae	Casearia arborea	EHC495
VEN01	214	8	14	13,5	Clusiaceae	Symphonia globulifera	EHC497
VEN01	216	8	16,5	13,5	Annonaceae	Klarobelia inundata	EHC498
VEN01	217	8	16,5	13,6	Moraceae	Ficus indet	EHC499
VEN01	219	8	19	11	Malvaceae	Apeiba membranacea	EHC501
VEN01	226	8	13	16,5	Moraceae	Ficus pallida	EHC502A
VEN01	245	9	8	14,5	Moraceae	Ficus popenoei	EHC502B
VEN01	268	10	9	15	Ebenaceae	Diospyros artanthifolia	EHC502C
VEN01	274	10	4	10	Malvaceae	Pachira aquatica	MCC13
VEN01	276	10	6	6	Elaeocarpaceae	Sloanea indet	EHC502D
VEN01	282	10	9,5	7	Dichapetalaceae	Tapura acreana	EHC502E
VEN01	309	12	7,5	6	Moraceae	Ficus indet	EHC502F
VEN01		1	15	17	Burseraceae	Protium glabrescens	LHC36
VEN01		2	11,5	10	Annonaceae	Unonopsis williamsii	LHC37
VEN01		4	17,5	13	Lepidobotryaceae	Ruptioncarpon caracolito	LHC38

Continuación...							
VEN01		5	10,5	10,2	Ebenaceae	Diospyros artanthifolia	LHC39
VEN01		5	8	10	Clusiaceae	Symphonia globulifera	LHC28
VEN01		6	2	5	Ochnaceae	Indet indet	LHC40
VEN01		6	15	4,5	Myristicaceae	Virola indet	LHC41
VEN01		12	1	9	Fabaceae	Parkia nitida	LHC35
VEN02	348	1	13	0,3	Aquifoliaceae	Ilex andarensis	MCC199
VEN02	350	1	19,3	10	Fabaceae	Macrolobium multijugum	MCC169
VEN02	353	1	16,5	9,5	Lauraceae	Endlicheria verticillata	MCC170
VEN02	360	1	5	8	Phyllanthaceae	Amanoa oblongifolia	MCC171
VEN02	367	2	20	0	Apocynaceae	Malouetia tamaquarina	MCC172
VEN02	368	2	19	4	Lepidobotryaceae	Ruptiliocarpon caracolito	MCC173
VEN02	372	2	17	9,5	Araliaceae	Dendropanax cuneatus	MCC174
VEN02	375	2	19	14	Euphorbiaceae	Alchorneopsis floribunda	MCC175
VEN02	386	2	9	15	Urticaceae	Cecropia engleriana	MCC176
VEN02	391	3	4	6,5	Moraceae	Indet indet	MCC193
VEN02	396	3	0,2	18	Moraceae	Ficus indet	MCC177
VEN02	397	3	4,5	18	Euphorbiaceae	Alchornea schomburgkii	MCC178
VEN02	399	3	10,2	17	Malvaceae	Sterculia indet	MCC179
VEN02	413	4	1	4	Aquifoliaceae	Ilex andarensis	MCC180
VEN02	435	4	6	15	Moraceae	Ficus indet	MCC181
VEN02	467	5	19,5	7	Euphorbiaceae	Hura crepitans	AAR2
VEN02	532	8	5	18,5	Myristicaceae	Virola indet	MCC183
VEN02	533	8	5,5	18	Moraceae	Ficus indet	MCC184
VEN02	534	8	6,5	17,5	Aquifoliaceae	Ilex andarensis	MCC185
VEN02	543	8	3,5	18	Myrtaceae	Indet indet	MCC186
VEN02	553	8	3	10,9	Primulaceae	Stylogyne amplifolia	MCC187
VEN02	565	8	0,4	6	Salicaceae	Xylosma indet	MCC188
VEN02	570	8	3,5	1,5	Salicaceae	Casearia indet	MCC189
VEN02	573	8	5,5	0,5	Lauraceae	Indet indet	MCC190
VEN02	580	8	5	6,5	Hypericaceae	Vismia indet	MCC191
VEN02	588	8	19,4	0,1	Meliaceae	Trichilia indet	MCC192
VEN02	600	8	10,5	13,5	Fabaceae	Parkia nitida	MCC194
VEN02	609	8	12	16	Meliaceae	Trichilia indet	MCC195

Continuación...							
VEN02	617	8	8,1	10	Myrtaceae	Indet indet	MCC196
VEN02	619	7	7	11,5	Moraceae	Ficus indet	MCC198
VEN02		1	18	6	Clusiaceae	Symphonia globulifera	LHC28
VEN02		1	13	6	Aquifoliaceae	Ilex andarensis	CMC18
VEN02		2	0,9	2,2	Euphorbiaceae	Alchornea schomburgkii	LHC34
VEN02		3	15	3	Fabaceae	Parkia nitida	LHC35
VEN02		4	16,5	0,2	Urticaceae	Cecropia latiloba	LHC29
VEN02		10	5	7,5	Burseraceae	Protium glabrescens	LHC36
VEN02		11	2,5	15	Bignoniaceae	Tabebuia insignis	LHC23
VEN03	42	2	15	15	Fabaceae	Macrolobium multijugum	CMC16
VEN03	46	2	4	17	Aquifoliaceae	Ilex indet	CMC15?
VEN03	47	2	4	17	Aquifoliaceae	Ilex indet	CMC15
VEN03	73	3	5	18	Euphorbiaceae	Alchornea discolor	CMC37
VEN03	195	10	6	18	Anacardiaceae	Tapirira guianensis	CMC20
VEN03	249	13	8	27	Moraceae	Ficus americana	CMC51
VEN03	797	T1	-1,2	6	Clusiaceae	Symphonia globulifera	CMC19
VEN03	806	T1	1	18,5	Myrtaceae	Eugenia stipitata	CMC112
VEN03	933	T2	1	83	Annonaceae	Guatteria indet	CMC116
VEN03		2	15	1	Bignoniaceae	Tabebuia insignis	LHC23
VEN03		3	0,7	17,5	Aquifoliaceae	Ilex andariensis	LHC31
VEN03		4	8	0,3	Lauraceae	Nectandra indet	LHC32
VEN04	39	2	6	5,7	Aquifoliaceae	Ilex indet	CMC15
VEN04	63	3	12	7	Euphorbiaceae	Alchornea discolor	CMC37
VEN04	176	8	7,2	16	Urticaceae	Cecropia latiloba	CMC21
VEN04	264	12	4,5	22	Moraceae	Ficus americana	CMC51
VEN04	703	T1	1,3	5,3	Clusiaceae	Symphonia globulifera	CMC19
VEN04	721	T1	1,9	40,1	Lauraceae	Ocotea indet	CMC56
VEN04	727	T1	-0,3	49,8	Anacardiaceae	Tapirira guianensis	CMC20
VEN04		1	17,5	10	Urticaceae	Cecropia latiloba	LHC29
VEN04		5	10	12	Bignoniaceae	Tabebuia insignis	LHC23
VEN04		8	12	2	Euphorbiaceae	Alchorneopsis floribunda	LHC30
VEN05	11	1	9,8	10,5	Urticaceae	Cecropia latiloba	CMC21
VEN05	18	2	17	1	Euphorbiaceae	Alchornea discolor	CMC37

Continuación...							
VEN05	21	2	15	4,5	Aquifoliaceae	Ilex indet	CMC22
VEN05	23	2	18,5	3	Anacardiaceae	Tapirira guianensis	CMC20
VEN05	113	6	2	13	Malvaceae	Lueheopsis hoehnei	CMC17
VEN05	161	8	13,8	1,5	Aquifoliaceae	Tovomita indet	CMC18
VEN05	169	9	19,5	7,8	Clusiaceae	Symphonia globulifera	CMC19
VEN05	246	13	0,5	35,5	Fabaceae	Macrolobium multijugum	CMC16
VEN05	711	T1	-1,1	1,8	Lauraceae	Ocotea indet	CMC56
VEN05	790	T1	0,3	32,5	Apocynaceae	Malouetia tamaquarina	CMC35
VEN05	794	T1	-1	34	Myrtaceae	Myrcia indet	CMC29
VEN05	852	T1	-2	67,7	Lauraceae	Pouteria indet	CMC28
VEN05	501	T2	0,3	89	Moraceae	Ficus indet	CMC51
VEN05		3	18	17,5	Bignoniaceae	Tabebuia insignis	LHC23
VEN05		4	12,5	3	Fabaceae	Macrolobium sp.	LHC25
VEN05		8	16,8	9	Clusiaceae	Symphonia globulifera	LHC28
VEN05		12	7	19	Primulaceae	Cybianthus indet	LHC26
VEN05		13	10,5	20	Anacardiaceae	Tapirira guianensis	LHC27
MIR03	1	1	0,5	0,7	Malvaceae	Pachira brevipes	LHC42
MIR03	10	1	0,2	6,5	Annonaceae	Oxandra mediocris	LHC49
MIR03	12	1	0,3	9	Fabaceae	Macrolobium ischnocalyx	LHC44
MIR03	30	1	10	10,2	Euphorbiaceae	Hevea guianensis	LHC51
MIR03	31	1	11	10,5	Apocynaceae	Macoubea sprucei	LHC43
MIR03	43	1	7	14	Moraceae	Ficus guianensis	LHC53
MIR03	47	1	4	10	Euphorbiaceae	Hevea guianensis	LHC48
MIR03	73	2	14	13	Euphorbiaceae	Hevea guianensis	LHC47
MIR03	75	2	18,5	13,5	Apocynaceae	Aspidosperma indet	LHC50
MIR03	114	3	11	7	Annonaceae	Bocageopsis canescens	LHC45
MIR03	121	3	15,5	6	Sapindaceae	Matayba inelegans	LHC56
MIR03	122	3	19,5	18,2	Moraceae	Brosimum rubescens	LHC57
MIR03	131	3	7	11	Elaeocarpaceae	Sloanea guianensis	LHC58
MIR03	147	4	9	2,5	Rubiaceae	Ferdinandusa chlorantha	LHC54
MIR03	151	4	14	7	Moraceae	Brosimum utile	LHC55
MIR03	165	4	10,5	12	Lauraceae	Ocotea cernua	LHC46
MIR03	166	4	9	12	Aquifoliaceae	Ilex andarensis	LHC52

Continuación...							
MIR03	195	5	17	2	Lecythidaceae	Eschweilera indet	LHC67
MIR03	199	5	17,5	12,2	Myristicaceae	Virola pavonis	LHC66
MIR03	207	5	11	17	Sapindaceae	Matayba indet	LHC71
MIR03	227	6	2,5	10	Lauraceae	Ocotea cernua	LHC70
MIR03	234	6	11,7	14,5	Sapotaceae	Chrysophyllum amazonicum	LHC63
MIR03	238	6	13	10	Lauraceae	Nectandra indet	LHC59
MIR03	249	6	5,5	1	Sapindaceae	Matayba inelegans	LHC60
MIR03	284	7	15	0,5	Apocynaceae	Aspidosperma schultesii	LHC69
MIR03	288	7	10	8	Sapindaceae	Matayba inelegans	LHC65
MIR03	339	8	4	2	Myristicaceae	Iryanthera elliptica	LHC61
MIR03	356	9	17	0,5	Meliaceae	Trichilia micrantha	LHC62
MIR03	466	12	9	1	Aquifoliaceae	Ilex andarensis	LHC64
MIR03	528	15	9,7	1	Araliaceae	Dendropanax cuneatus	LHC68
NYO03	1	1	1,3	0,5	Annonaceae	Oxandra mediocris	LHC49
NYO03	2	1	0,9	2,7	Rubiaceae	Platycarpum orinocense	LHC72
NYO03	4	1	2	6	Euphorbiaceae	Hevea guianensis	LHC51
NYO03	5	1	0,8	7	Malvaceae	Pachira brevipes	LHC42
NYO03	11	1	11,5	1,1	Euphorbiaceae	Hevea guianensis	LHC47
NYO03	27	1	19,2	13	Sapotaceae	Chrysophyllum amazonicum	LHC63
NYO03	29	1	19	13,7	Annonaceae	Pseudoxandra polyphleba	LHC79
NYO03	30	1	14	18,8	Apocynaceae	Aspidosperma indet	LHC87
NYO03	38	1	7	8	Urticaceae	Coussapoa orthoneura	LHC92
NYO03	43	1	6,5	14,3	Fabaceae	Ormosia coccinea	LHC76
NYO03	53	2	14	3	Apocynaceae	Himatanthus sucuuba	LHC88
NYO03	57	2	19	3,5	Primulaceae	Cybianthus reticulatus	LHC82
NYO03	58	2	18,5	5	Lecythidaceae	Cariniana decandra	LHC85
NYO03	61	2	19,5	10	Moraceae	Ficus indet	LHC80
NYO03	64	2	17	14	Elaeocarpaceae	Sloanea durissima	LHC75
NYO03	72	2	12,5	11,8	Lauraceae	Ocotea cernua	LHC46
NYO03	75	2	8	10,5	Moraceae	Ficus indet	LHC81
NYO03	93	3	6	10	Fabaceae	Vatairea guianensis	LHC77
NYO03	98	4	0,8	1,6	Sapindaceae	Matayba inelegans	LHC74

Continuación...							
NYO03	99	4	1,7	3	Moraceae	Ficus guianensis	LHC89
NYO03	102	4	6	1,7	Euphorbiaceae	Alchornea schomburgkii	LHC78
NYO03	144	5	14	3	Myristicaceae	Virola pavonis	LHC95
NYO03	145	5	13	5	Moraceae	Brosimum rubescens	LHC94
NYO03	154	5	12	14	Anacardiaceae	Tapirira guianensis	LHC73
NYO03	178	6	11	17	Annonaceae	Guatteria decurrens	LHC79B
NYO03	181	6	12	17,5	Moraceae	Brosimum utile	LHC55
NYO03	183	6	13	16,7	Euphorbiaceae	Alchornea discolor	LHC86
NYO03	191	6	18,2	6,6	Myrtaceae	Eugenia indet	LHC91
NYO03	199	6	7	11	Clusiaceae	Chrysochlamys indet	LHC93
NYO03	214	7	4	14	Anacardiaceae	Tapirira guianensis	LHC84
NYO03	222	7	10	18,8	Rubiaceae	Ferdinandusa chlorantha	LHC54
NYO03	248	7	3,5	5,5	Elaeocarpaceae	Sloanea guianensis	LHC58
NYO03	280	8	8	0,4	Aquifoliaceae	Ilex andarensis	LHC83
NYO03	324	10	2	11	Rubiaceae	Remijia ulei	LHC97
NYO03	350	10	2,5	7	Aquifoliaceae	Ilex andarensis	LHC90
PAR01	4	1	8	2,5	Euphorbiaceae	Hura crepitans	LHC118
PAR01	5	1	7,5	8	Clusiaceae	Symphonia globulifera	LHC100
PAR01	6	1	14	0,5	Malvaceae	Apeiba membranacea	LHC116
PAR01	11	1	18,5	13	Fabaceae	Pterocarpus amazonum	LHC107
PAR01	12	1	15	16	Myristicaceae	Virola pavonis	LHC124
PAR01	14	1	12	18,5	Malvaceae	Sterculia indet	LHC113
PAR01	17	1	12	14	Annonaceae	Tetrameranthus indet	LHC120
PAR01	22	1	0,5	19,5	Urticaceae	Cecropia ficifolia	LHC117
PAR01	44	2	13	11	Fabaceae	Parkia nitida	LHC108
PAR01	45	2	13	9,5	Salicaceae	Xylosma tessmannii	LHC98
PAR01	46	2	10	17	Fabaceae	Pterocarpus amazonum	LHC114
PAR01	61	3	9	8	Lecythidaceae	Eschweilera albiflora	LHC122
PAR01	62	3	10,3	8,5	Moraceae	Sorocea steinbachii	LHC123
PAR01	69	3	18	12	Sapotaceae	Micropholis egensis	LHC99
PAR01	103	4	5	18,5	Chrysobalanaceae	Licania micrantha	LHC119
PAR01	143	6	19	7,5	Moraceae	Indet indet	LHC111
PAR01	152	6	10	0,5	Combretaceae	Terminalia oblonga	LHC112

Continuación...							
PAR01	154	6	5	0,4	Fabaceae	Inga cayennensis	LHC103
PAR01	156	6	4	10	Lauraceae	Indet indet	LHC109
PAR01	157	6	2,5	11	Sapotaceae	Elaeoluma glabrescens	LHC115
PAR01	177	7	19,5	0,2	Phyllanthaceae	Hieronyma indet	LHC125
PAR01	193	8	14	19,5	Moraceae	Ficus indet	LHC110
PAR01	198	8	17	12,5	Moraceae	Ficus indet	LHC102
PAR01	238	10	17	4	Euphorbiaceae	Alchornea latifolia	LHC105
PAR01	254	11	2	10	Fabaceae	Crudia indet	LHC106
PAR01	260	12	9,7	7,5	Meliaceae	Guarea guidonia	LHC104
PAR01	274	13	4	10	Anacardiaceae	Tapirira guianensis	LHC121
PAR01	302	15	1,5	18	Malpighiaceae	Byrsonima japurensis	LHC101

**Anexo 7: Distribución horizontal de los bosques de pantanos en los sitios de estudio**

No	Categoría	MC	JEN14	JEN15	VEN01	VEN02	VEN03	VEN04	VEN05	MIR03	NYO03	PRN01
1	[10-20>	15	32	54	46	41	30	56	67	70	65	50
2	≤20-30>	25	39	17	12	20	47	18	13	24	27	25
3	≤30-40>	35	24	24	30	38	23	25	19	5	7	22
4	≤40-50>	45	3	3	9	2	0	1	2	0	0	2
5	≤50-60>	55	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1
6	≤60-70>	65	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	≤70-80>	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	≤80-90>	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	≤90-100>	95	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	>100	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Anexo 8: Distribución altimétrica de los bosques de pantanos en los sitios de estudio**

No	Categoría	MC	JEN14	JEN15	VEN01	VEN02	VEN03	VEN04	VEN05	MIR03	NYO03	PRN01
1	[0-5>	2.5	8	0	0	9	18	14	7	0	0	4
2	≤5-10>	7.5	2	1	10	27	26	38	11	0	0	7
3	≤10-15>	12.5	23	31	25	39	33	40	61	31	30	27
4	≤15-20>	17.5	28	40	36	21	19	8	20	50	45	33
5	≤20-25>	22.5	18	21	20	3	4	0	1	17	23	24
6	≤25-30>	27.5	17	5	9	1	0	0	0	1	2	5
7	≤30-35]	32.5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

## Anexo 9: Caracterización física del perfil del suelo del Varillal hidromórfico

### Descripción

### Imagen referencial

Sección: 0-50cm

La coloración marrón rojizo. Tiene menor cantidad de material muestreado. Presenta textura y consistencia suave al tacto debido al alto contenido de humedad. Presenta gran cantidad de raíces pequeñas y raíces neumatóforas, que se encuentran en una masa de partículas degradadas.



Sección: 50-100cm

Mantiene el color marrón rojizo. Raicillas de neumatóforos, y adicionalmente partes de raíces fragmentadas (más homogénea). Regularmente consistente, buena cantidad de raicillas y pedazos de neumatóforos en fragmentos menores. Material consistencia ligeramente más compactado que el anterior. Mayor cantidad de muestra que la anterior.



Sección: 100-150cm

Color homogéneo, Coloración entre marrón rojizo y marrón oscuro (lo que indica mayor descomposición de la MO). También presenta mayor cantidad de muestra. Presencia de raicillas en menor cantidad, así como de los pedazos de raíces neumatóforas. Consistencia igual que la anterior. Se ven fragmentos de raíces que se mezclan con la MO.



Sección: 150-200cm

Coloración entre marrón rojizo y marrón oscuro. Aun se distinguen en menor cantidad los materiales presentes (raicillas y partes de raíces) en mayor homogeneidad



Sección: 200-250cm

Coloración marrón oscura. Apariencia similar al anterior. Presenta pocos fragmentos de raíces. Hasta esta parte se pueden diferenciar las raíces.



### **Sección: 250-300cm**

Coloración ligeramente más oscura al anterior. Mayor cantidad de muestra (relación con la densidad) consistencia compacta. Aún es posible observar partes de raíces, la cantidad de masa (MO en descomposición) es mayor.



### **Sección: 300-350**

Parecido a la descripción anterior. Mayor cantidad de muestra, más compacta, posible mezcla con arcilla. Apariencia de arcilla, mixto. Color gris marrón.



### **Sección: 350-400cm**

Mayor cantidad de muestra color marrón oscuro. Los elementos raicillas y partes de raíces están más degradadas, y se confunden más con la MO descompuesta (turba). Color gris/ marrón. Debido a que varía las profundidades por punto de muestreo en otro punto ya se encontraba arcilla a este nivel o mixto (turba y arcilla).



### **Sección: 400-450**

Material compuesto de partículas muy pequeñas, en un alto grado de descomposición, posiblemente mezclado con arcilla mínimamente. No es posible distinguir mariales como raíces. Coloración marrón oscuro. Muy parecido a la turba.



### **Sección: 450-500**

Coloración grisácea. Material claramente de textura arcillosa. Consistencia pegajosa y moldeable.



## Anexo 10: Caracterización física del perfil del suelo de las PPM en Aguajal

### Descripción física del perfil

### Imagen referencial

Sección: 0-50cm

Color presente es marrón rojizo, consistencia regular, presencia notoria de raíces neumatóforos y de otras poco fragmentadas. Aspecto consistente más. No hay presencia de raicillas. Nivel de descomposición bajo, aspecto más consistente.



Sección: 50-100cm

Color marrón grisáceo con regular presencia de raicillas, o muy pocas. Aspecto homogéneo y compacto, color gris y marrón oscuro, posiblemente mixto como transición. Descomposición media.

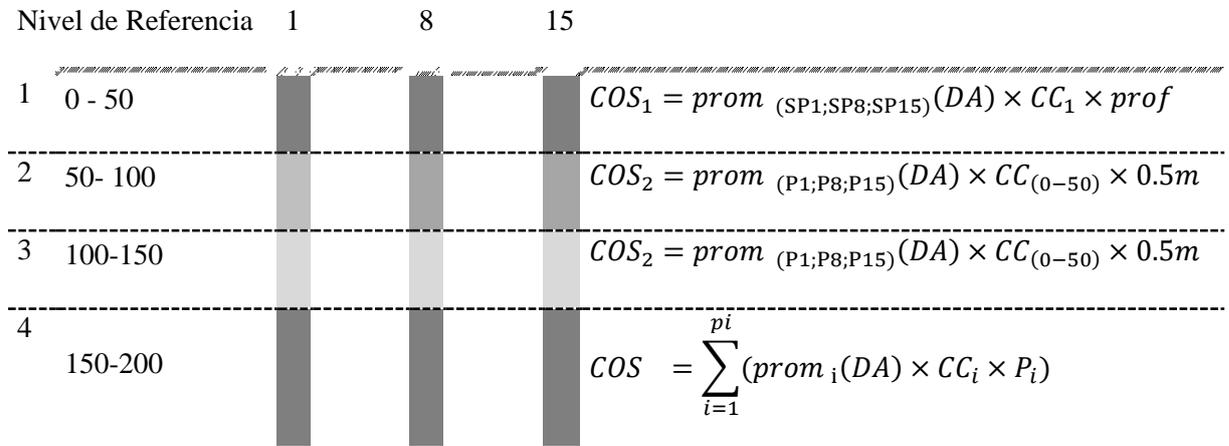


Sección: 100-150cm

Presencia de arcilla; color grisáceo; sin presencia de raíces. Consistencia compacta y pegajosa.



**Anexo 11: Cálculos realizados por perfil de 50 cm en el muestreo del suelo orgánico**



## Anexo 12: Ecuaciones alométricas para palmeras

Género	Ecuaciones alométricas
Astrocaryum	AGB=21.302*(He) AGB=-108.05+20.975Ht
Attalea	Ln(AGB)= 3.2579+1.1249(lnHe+1)
Euterpe	AGB=-108.81+13.589*He AGB=-150.99+13.921*Ht
Iriartea	Ln(AGB)=-3.483+0.94371*ln(D <sup>2</sup> He) AGB=EXP(4.5496+0.1387*He)
Mauritia	AGB=EXP(2.4647+1.3777*LN(He)) AGB=-261.1+39.068*Ht
Mauritiella	AGB=2.8662*He Ln(AGB)=1.2912*Ln(Ht) AGB=EXP(1.2912*Ln(Ht))
Oenocarpus	Ln(AGB)=4.5496+0.1387*He AGB=EXP(4.5496+0.1387*He) AGB=-573.55+49.575(Ht)
Socratea	Ln(AGB)=-3.7965+1.0029ln(D <sup>2</sup> He) AGB=EXP(-3.7965+1.0029*ln(D <sup>2</sup> He))
<b>Familia</b>	Ln(AGB)=-3.3488+2.7483*ln(D)
Arecaceae	AGB=EXP(-3.3488+2.7483*ln(Diam (mm)/10))

Nota: Y= a+bx<sup>1</sup>+cx<sup>2</sup>. Ecuación de biomasa palmeras por género y familia de Goodman *et al.* (2013)

### Anexo 13: Resumen de resultados obtenidos en crecimiento diamétrico (mm)

Parcela	Familia	Especie	IVI (%)	DAP promedio sobrevivientes (mm)		Incremento	
				Censo 1	Censo 2	Total (mm)	medio anual (mm/año)
JEN14	<b>Arecaceae</b>	Mauritia flexuosa	133,27	289,81	290,48	0,67	0,11
	<b>Euphorbiaceae</b>	Hura crepitans	37,04	514,27	513,91	-0,36	-0,06
	<b>Myristicaceae</b>	Virola pavonis	21,97	226,50	264,60	38,10	7,25
	<b>Clusiaceae</b>	Symphonia globulifera	8,84	191,80	212,00	20,20	3,85
	<b>Fabaceae</b>	Pterocarpus santalinoides	8,16	136,00	146,83	10,83	4,81
JEN 15	<b>Arecaceae</b>	Mauritia flexuosa	60,55	335,74	341,40	5,66	1,00
	<b>Myristicaceae</b>	Virola pavonis	23,39	277,71	303,76	26,06	4,96
	<b>Clusiaceae</b>	Symphonia globulifera	22,12	273,76	300,24	26,47	5,05
	<b>Lecythidaceae</b>	Eschweilera albiflora	16,89	171,18	178,65	7,47	3,32
	<b>Clusiaceae</b>	Garcinia macrophylla	16,30	181,00	191,57	10,57	4,68
VEN01	<b>Arecaceae</b>	Mauritia flexuosa	85,41	348,15	348,89	0,74	0,14
	<b>Myristicaceae</b>	Virola pavonis	41,24	355,08	368,04	12,96	2,47
	<b>Lepidobotryaceae</b>	Ruptiliocarpon caracolito	33,29	208,75	226,04	17,29	3,29
	<b>Arecaceae</b>	Euterpe precatória	25,09	134,40	182,50	48,10	9,15
	<b>Arecaceae</b>	Socratea exorrhiza	19,00	146,84	148,58	1,74	0,33
VEN02	<b>Arecaceae</b>	Mauritia flexuosa	157,27	312,52	313,80	1,28	0,24
	<b>Arecaceae</b>	Socratea exorrhiza	29,14	132,35	138,32	5,97	1,14
	<b>Arecaceae</b>	Euterpe precatória	24,62	106,00	143,00	37,00	7,06
	<b>Aquifoliaceae</b>	Ilex andarensis	10,36	191,86	209,00	17,14	3,27
	<b>Lepidobotryaceae</b>	Ruptiliocarpon caracolito	10,24	182,71	194,00	11,29	2,15

VEN03	<b>Areaceae</b>	Mauritia flexuosa	185,83	287,32	287,47	0,15	0,06
	<b>Bignoniaceae</b>	Tabebuia insignis	36,41	125,73	127,05	1,32	0,59
	<b>Aquifoliaceae</b>	Ilex andariensis	19,69	119,50	124,58	5,08	2,26
	<b>Urticaceae</b>	Cecropia sp1	13,98	97,00	116,00	19,00	8,44
	<b>Areaceae</b>	Mauritiella armata	12,42	129,00	128,69	-0,31	-0,14
VEN04	<b>Areaceae</b>	Mauritia flexuosa	152,74	308,10	308,36	0,25	0,11
	<b>Areaceae</b>	Mauritiella armata	75,12	113,12	112,97	-0,15	-0,07
	<b>Bignoniaceae</b>	Tabebuia insignis	23,19	120,75	121,75	1,00	0,44
	<b>Aquifoliaceae</b>	Ilex andariensis	17,76	136,22	142,89	6,67	2,95
	<b>Urticaceae</b>	Cecropia latiloba	15,06	115,00	129,50	14,50	6,42
VEN05	<b>Areaceae</b>	Mauritia flexuosa	125,96	313,73	314,66	0,94	0,41
	<b>Bignoniaceae</b>	Tabebuia insignis	48,37	119,15	122,91	3,76	1,66
	<b>Areaceae</b>	Mauritiella armata	46,68	117,47	117,71	0,24	0,10
	<b>Aquifoliaceae</b>	Ilex andarensis	28,38	129,24	136,20	6,96	3,08
	<b>Anacardiaceae</b>	Tapirira guianensis	20,35	122,15	132,10	9,95	4,40

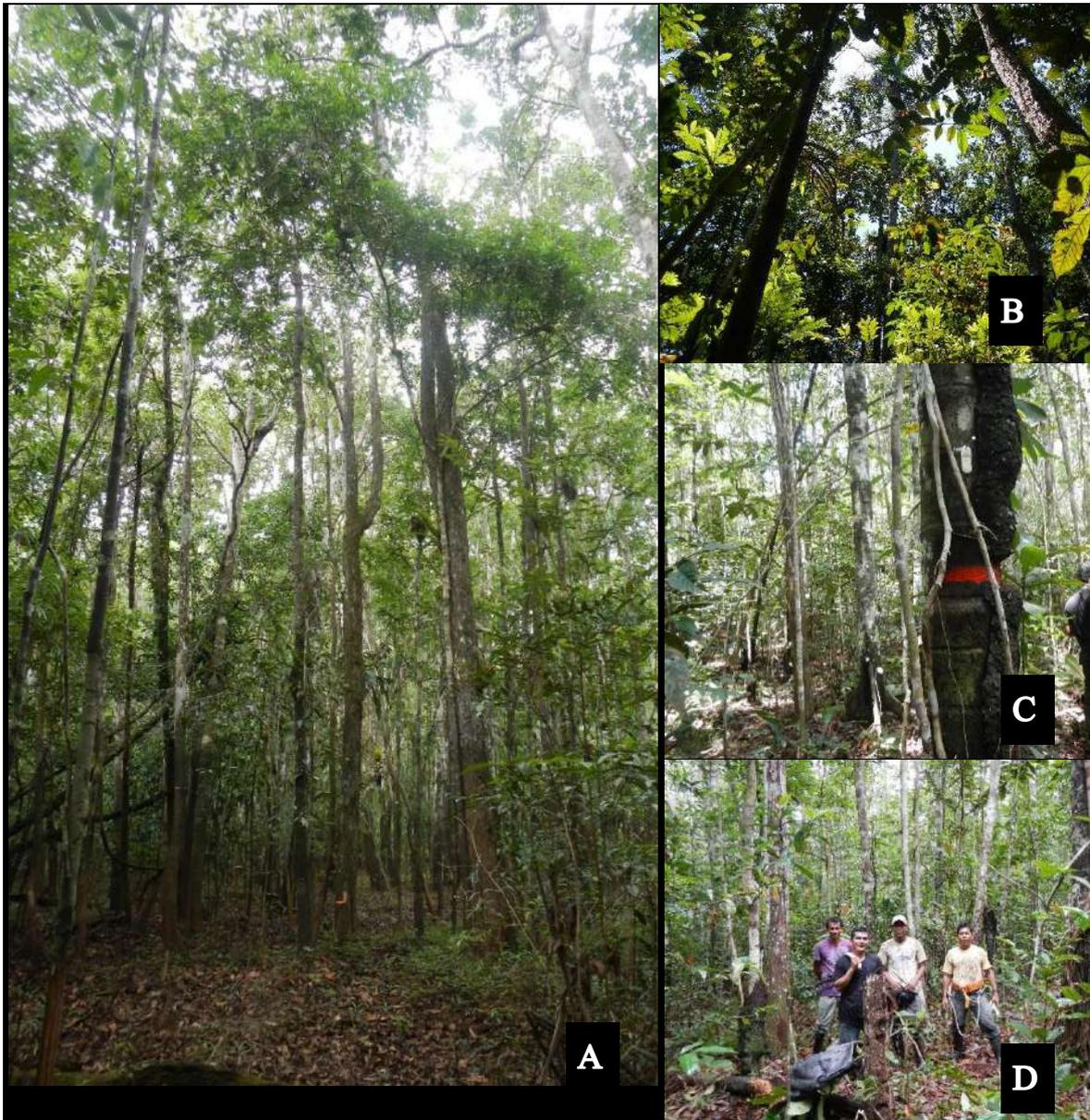
---

Anexo 14: Registro fotográfico de la colecta de datos en la PPM



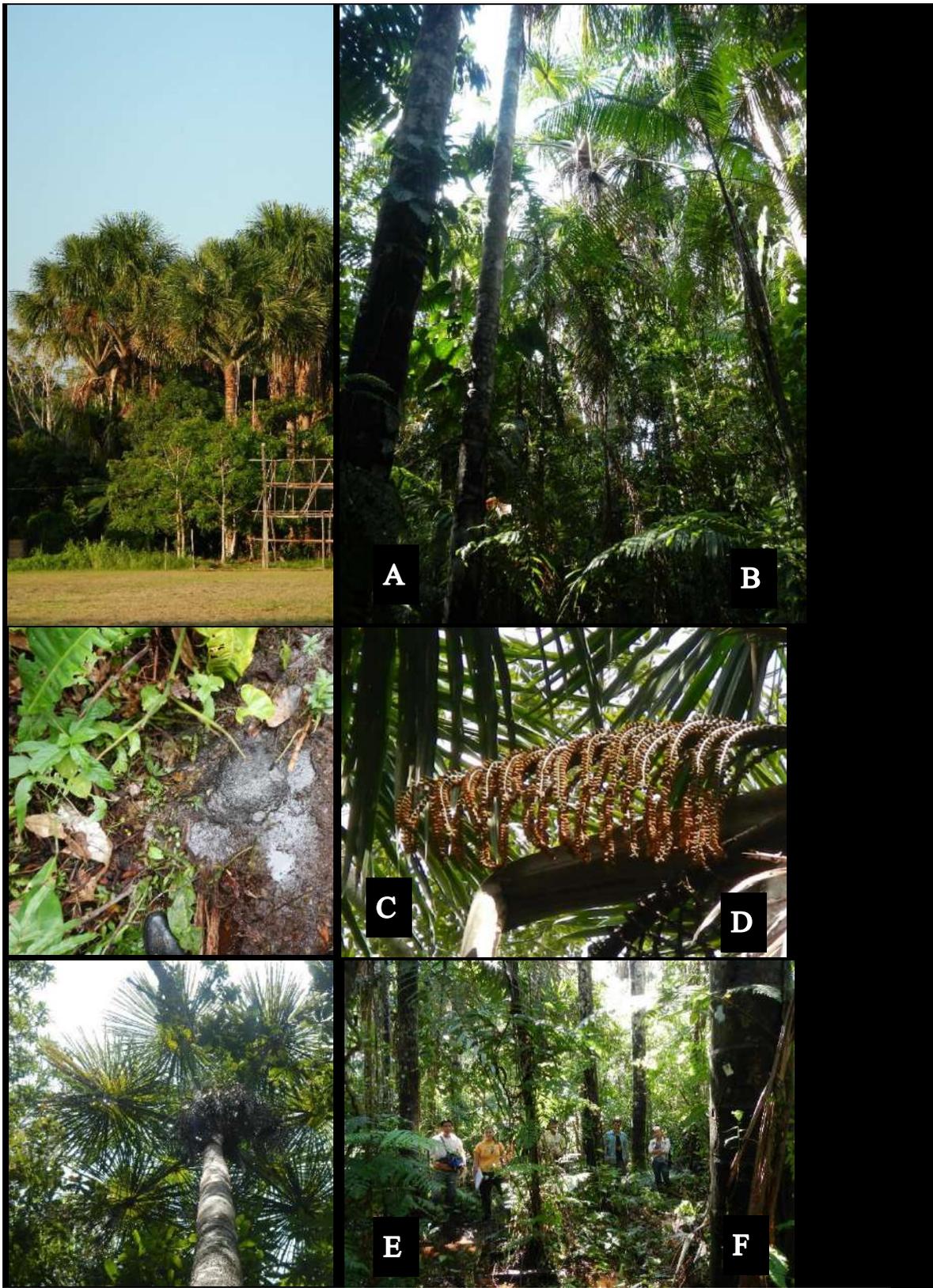
Fotos del trabajo de campo. (A) Establecimiento de parcela; (B) medición de POM; (C) plaqueado y pintado en POM; (D) Colecta de especímenes; (E) Codificación de especímenes, registro en formatos; (F) procesamiento de muestras botánicas.

Anexo 15: Registro fotográfico del Varillal hidromórfico



(A) Bosque de Varillal hidromórfico, vista de fustes; (B) Vista a dosel (C) individuo de *Mauritia flexuosa* dentro del V. hidromórfico; (D) Vista del bosque a nivel del suelo y equipo de trabajo.

Anexo 16: Registro fotográfico de los Aguajales



(A) Vista del aguajal desde el río; (B) vista interna del aguajal; (C) huellas de tapir; (D) Inflorescencia de Aguaje; (E) Copa de Aguaje; (F) Vista del bosque a nivel del suelo y equipo de trabajo.

Anexo 17: Fotos de la metodología de extracción de muestras del suelo orgánico



(A) introducción del barreno tipo ruso perpendicular al suelo; (B) extracción de muestra y observación del perfil; (C) seccionamiento para extracción de muestras para determinación de densidad aparente y concentración de carbono; (D) almacenamiento de muestras en bolsa hermética; (E) rotulado.

Anexo 18: Perfil fotográfico del suelo orgánico en la parcela JEN15



Perfil del suelo de Aguajal en la parcela JEN15 al cansado solo el 0.5m del perfil hasta llegar a la zapa arcillosa. (A) JEN15 sub parcela 1 (B) JEN15 sub parcela 8 (C) JEN15 sub parcela 15, no se obtuvo muestra a la no presencia de suelo orgánico.

Anexo 19: Perfil fotográfico del suelo orgánico en la parcela MIR03



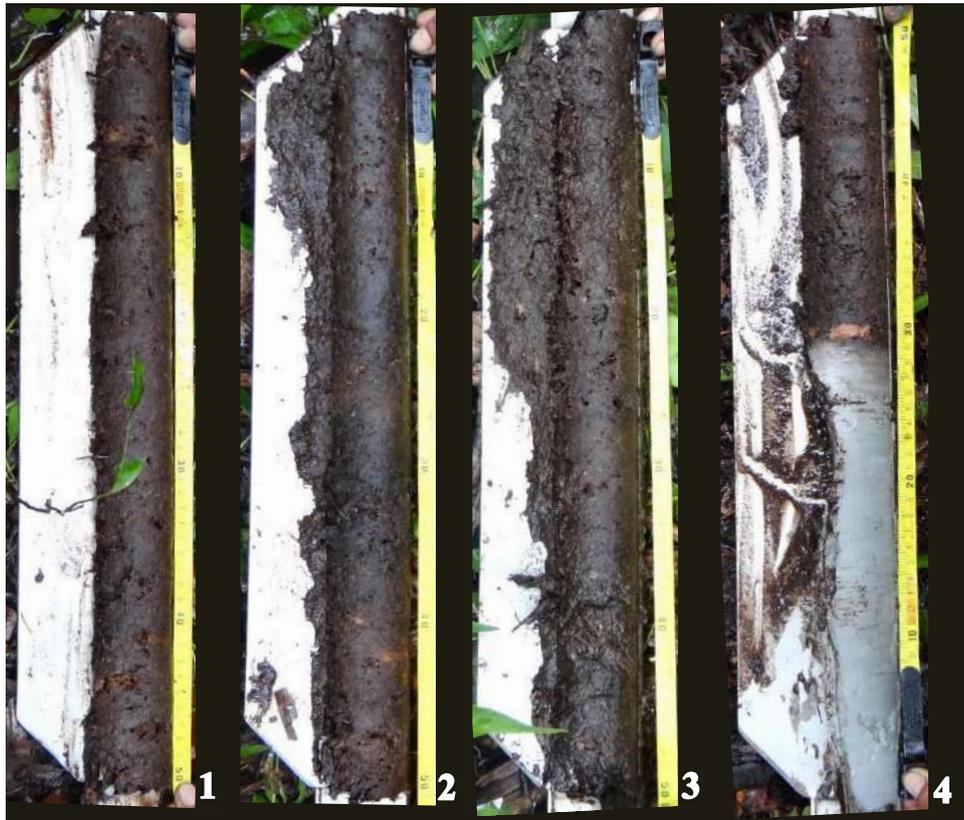
Perfil del suelo de Aguajal en Miraflores (MIR03), sub parcela número 1, con profundidad alcanzada de 387cm, con presencia de zonas de turba arcillosa.

Anexo 20: Perfil fotográfico del suelo orgánico en la parcela PAR01.



Perfil del suelo de Aguajal en Parinari (PAR01) en el Río Marañón, sub parcela número 1, con profundidad de alcanzada de perfiles de 1.5m y suelo orgánico de suelo orgánico de 50 cm con presencia de turba arcillosa.

Anexo 21: Perfil fotográfico del suelo orgánico en la parcela JEN14.



Perfil del suelo de Aguajal en Cocha Iricahua (JEN14) en el Río Ucayali, sub parcela número 8, perfil del suelo alcanzado de 2m, con profundidad de suelo orgánico de 171 cm. No presencia de turba arcillosa.

Anexo 22: Perfil fotográfico del suelo orgánico en la parcela NYO03.



Perfil del suelo de Varillal hidromórfico en Nueva York (NYO03) en el Río Tigre, sub parcela 1, perfil del suelo alcanzado de 5 m, con profundidad de suelo orgánico de 473cm.presencia de turba arcillosa.