

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE  
DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL  
Y MEDIO AMBIENTE**



**“DENDROCRONOLOGÍA DE *Schizolobium parahyba* (vell.) S.F. Blake DE  
BOSQUES SECUNDARIOS DEL FUNDO EL BOSQUE DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS, TAMBOPATA – MADRE DE  
DIOS”**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bachiller: MALATESTA SIANI Katherine Isabel.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

**Asesor: Dr. Hugo Hernando Dueñas Linares**

**Co-asesor: M.sc. Leif Armando Portal Cahuana**

**Puerto Maldonado, 2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE  
DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL  
Y MEDIO AMBIENTE**



**“DENDROCRONOLOGÍA DE *Schizolobium parahyba* (vell.) S.F. Blake DE  
BOSQUES SECUNDARIOS DEL FUNDO EL BOSQUE DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS, TAMBOPATA – MADRE DE  
DIOS”**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bachiller: MALATESTA SIANI Katherine Isabel.**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**

**Asesor: Dr. Hugo Hernando Dueñas Linares**

**Co-asesor: M.sc. Leif Armando Portal Cahuana**

**Puerto Maldonado, 2018**

## DEDICATORIA

*En primer lugar a Dios por guiarme siempre por el buen camino, a mis padres Jorge Malatesta y Zaida Siani porque siempre estuvieron a mi lado brindándome incondicionalmente su apoyo, a mis queridos hermanos Linda y Francesco por el cariño inmenso y por el apoyo que me dieron para seguir adelante.*

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres Jorge Malatesta y Zaida Siani porque siempre estuvieron conmigo dándome la fuerza para seguir adelante, brindándome su apoyo en todo lo necesario para llegar hacer realidad este momento.

A mis hermanos Linda y Francesco porque de una u otra manera estuvieron brindándome su apoyo a lo largo de la vida.

A mi asesor Dr. Hugo H. Dueñas Linares y a mi co-asesor M.sc. Leif A. Portal Cahuana, por todo el tiempo de apoyo y orientación para elaboración del presente trabajo de investigación, muy agradecida.

A mi abuela María Isabel y a mi tía María luz por sus constantes palabras de aliento para seguir adelante.

## PRESENTACIÓN

Se presenta la investigación en dendrocronología, una de los primeros aportes en esta área de investigación en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Que seguramente va a servir a los estudiantes, tesisistas y profesionales involucrados en el manejo de los bosques tropicales, como una guía de futuras investigaciones en dendrocronología tropical y sus diversas aplicaciones.

Se trabajó con la especie *Schizolobium parahyba*, ya que la anatomía de la madera, nos muestra anillos de crecimiento claramente diferenciados lo que es importante para el uso de la dendrocronología. También se utilizó la especie porque es de rápido crecimiento, de bosque secundario y que su madera tiene diferentes usos en la industria forestal y que se vienen realizando diferentes iniciativas de plantaciones forestales en el departamento de Madre de Dios con la especie *S. parahyba* aunque aún son pequeñas, se tiene un buen potencial.

Uno de los objetivos del presente proyecto es justamente ver el incremento medio anual de la especie y poder diseñar futuras plantaciones y también utilizarla en recuperación de áreas degradadas. Otro enfoque es de relación al crecimiento de la especie *Schizolobium parahyba*, con el clima local y también con el fenómeno El Niño y poder realizar alguna inferencia al respecto.

Por último se comprobó que la dendrocronología como herramienta es sumamente práctica abarcando un buen número de árboles de manera no destructiva, donde las pequeñas incisiones no perjudican al crecimiento de los árboles y los costos de obtención de las muestras son bajos comparados con los métodos tradicionales de tala de los árboles.

## RESUMEN

El estudio de la dendrocronología en las regiones tropicales y sub tropicales son importantes para mejorar la comprensión del fenómeno climático como El Niño y la dinámica de los bosques, entre otras cosas. El objetivo fue determinar la dendrocronología en árboles de *Schizolobium parahyba* en bosques secundarios del fundo de la de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios denominado “El Bosque”, Tambopata – Madre de Dios. De forma no destructiva con el auxilio de una sonda Pressler se obtuvo cuatro muestras radiales de cada árbol de la dirección corteza-médula, lijándose y puliendo para optimizar la visibilidad de los anillos de crecimiento y subsiguientemente fue digitalizada las secciones transversales para la medición del ancho. Para la sincronización del ancho de los anillos de crecimiento fue utilizado COFECHA (software) y para generar la serie master de la cronología fue utilizado el ARSTAN (software). La especie presentó anillos de crecimientos distintos y anuales, caracterizados por la presencia del parénquima marginal y escasamente por zonas fibrosas. Presentó un potencial dendrocronológico alto, confirmado por la intercorrelación (0,61) del ancho de los anillos de crecimiento dentro y entre árboles. Los nueve individuos presentaron edades diferentes que varían de cinco a quince años. El incremento radial promedio en diámetro de los troncos de la especie *S. parahyba*, en el fundo “El Bosque” fue de 2,19 cm/año. Se observó dos años donde había una disminución considerable en el ancho de los anillos de crecimiento (2009 a 2015), esa reducción puede estar relacionada con los eventos más severos de El Niño.

**Palabra clave:** especies nativas, dendrocronología, Madre de Dios, fenómeno El Niño.

## ABSTRACT

The study of dendrochronology in tropical and sub-tropical regions is important to improve the understanding of the climatic phenomenon such as El Niño and the dynamics of forests, among other things. The objective was to determine the dendrochronology in *Schizolobium parahyba* trees in secondary forests of the estate of the Universidad Nacional de Madre de Dios called “El Bosque”, Tambopata - Madre de Dios. In a non-destructive way, with the aid of a Pressler probe, four radial samples were obtained from each tree in the cortex-medulla direction, sanding and polishing to optimize the visibility of the growth rings and subsequently the cross sections were digitized for measuring the width. . For the synchronization of the width of the growth rings, COFECHA (software) was used and to generate the master series of the chronology, the ARSTAN (software) was used. The species presented rings of distinct and annual growths, characterized by the presence of the marginal parenchyma and scarcely by fibrous zones. It presented a high dendrochronological potential, confirmed by the intercorrelation (0.61) of the width of the growth rings within and between trees. The nine individuals presented different ages that vary from five to fifteen years. The average radial increase in diameter of the trunks of the species *S. parahyba*, in the “El Bosque” estate was 2.19 cm/year. Two years were observed where there was a considerable decrease in the width of the growth rings (2009 to 2015), this reduction may be related to the most severe El Niño events.

**Keyword:** Native species, dendrochronology, Madre de Dios, El Niño phenomenon.

## INTRODUCCIÓN

El fenómeno de El Niño es la disminución de la precipitación de una forma marcada y estos eventos climáticos pueden ser registrados en el leño de la madera de especies forestales por ser sensibles al clima. Por otro lado los bosques húmedos tropicales en la región de Madre de Dios, cuenta con una alta biodiversidad de flora, siendo considerada Capital de la Biodiversidad del Perú. El clima de dicha región cuenta con un periodo de lluvia y un periodo seco, forman condiciones climáticas adecuadas para la formación de anillos de crecimiento anual y distinto que ayuden para los estudios de dendrocronología, siendo la anatomía de la madera a través de los anillos de crecimiento la base para estos estudios en los trópicos.

Una de las especies forestales del departamento de Madre de Dios que presenta anillos de crecimiento distintos es el *Schizolobium parahyba*, especie de rápido crecimiento y con una distribución geográfica amplia, así como en los bosques de Brasil se han demostrado su anualidad de los anillos de crecimiento de *S. parahyba* (Latorraca., *et al.*, 2015), realizando estudios dendrocronológicos y relacionándolos con el clima.

Por ello el objetivo fue determinar la dendrocronología del *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake del bosque secundario del fundo “El Bosque” de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – Tambopata – Madre de Dios. Evaluando para ello el número de anillos de crecimiento y ancho de anillos de crecimiento relacionados con la edad de los árboles, incremento medio anual, clima y fenómeno El Niño.

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.1. Descripción del problema.....	16
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Objetivos .....	17
1.3.1. Objetivo general.....	17
1.3.2. Objetivos específicos .....	17
1.4. Variables .....	18
1.4.1. Variables independientes.....	18
1.4.2. Variables dependientes .....	18
1.5. Operacionalización de variables .....	18
1.6. Hipótesis .....	19
1.6.1. Hipótesis Nula (H0).....	19
1.6.2. Hipótesis Alternativa (H1).....	19
1.7. Justificación .....	19
1.7.1. Económico.....	19
1.7.2. Social.....	20
1.7.3. Ambiental.....	20
1.7.4. Científico.....	20
1.8. Consideraciones éticas .....	21
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
2.1. Antecedentes de estudios realizados.....	22
2.1.1. En el plano internacional .....	22
2.1.2. En el plano nacional .....	24
2.1.3. En el plano local .....	25
2.2. Marco teórico .....	26
2.2.1. Clasificación sistemática.....	26
2.2.2. Nombres comunes.....	26

2.2.3. Nombre comercial internacional .....	26
2.2.4. Descripción botánica .....	26
2.2.5. Características organolépticas de la madera.....	31
2.2.6. Características macroscópicas de la madera .....	31
2.3. Bases conceptuales .....	33
2.3.1. Bosques tropicales de la amazonia peruana .....	34
2.3.2. Anillos de crecimiento .....	35
A. Características anatómicas del anillo de crecimiento.....	37
B. Anillos discontinuos y falsos anillos .....	38
2.3.3. Dendrocronología .....	41
A. Principios de Dendrocronología .....	42
2.4. Definición de términos básicos .....	47
2.4.1. Anillos de crecimiento .....	47
2.4.2. Cronología .....	48
2.4.3. Madera o xilema .....	48
2.4.4. Madera con poros (latifoliadas).....	48
2.4.5. Madera sin poros (coníferas).....	48
2.4.6. Médula .....	48
2.4.7. Poros .....	48
2.4.8. Probeta .....	48
2.4.9. Población .....	49
2.4.10. Punto de saturación de las fibras.....	49
2.4.11. Sección de corte .....	49
2.4.12. Vigueta.....	49
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>50</b>
3.1. Tipo de estudio.....	50
3.2. Diseño del estudio.....	50
3.3. Población y muestra.....	50
3.3.1. Población.....	50

3.3.2. Muestra.....	50
3.4. Métodos y técnicas .....	51
3.4.1. Características generales .....	51
A. Ubicación política.....	51
B. Clima.....	51
C. Suelo.....	52
D. Tipo de bosque .....	52
E. Procedencia del material experimental .....	53
F. Lugar de ejecución del proyecto .....	53
3.4.2. Metodología .....	55
A. Demarcación, colecta, y extracción de las muestras de leño en árboles de <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake .....	55
B. Caracterización anatómica de los anillos de crecimiento de <i>Schizolobium parahyba</i> .....	57
C. Sincronización de los anillos de crecimiento y elaboración de la cronología de <i>Schizolobium parahyba</i> .....	58
D. Incremento radial de <i>Schizolobium parahyba</i> .....	58
E. Cronología y relación con el clima y el fenómeno El Niño .....	59
3.4.3. Técnica de análisis de datos.....	59
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>60</b>
4.1. Anatomía.....	60
4.1.1. Caracterización de los anillos de crecimiento de <i>Schizolobium</i> <i>parahyba</i> .....	60
4.1.2. Dendrocronología .....	61
4.2. Incremento radial de <i>Schizolobium parahyba</i> .....	63
4.3. Relación de la cronología de <i>Schizolobium parahyba</i> y el clima.....	64
4.4. Cronología y el fenómeno de El Niño.....	65
CONCLUSIONES .....	67
RECOMENDACIONES .....	68
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS .....	69

ANEXOS .....	73
ANEXO 1: DATOS DE TEMPERATURA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PUERTO MALDONADO, EN EL PERIODO DE 2000 – 2016.....	74
ANEXO 2: DATOS DE PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PUERTO MALDONADO, EN EL PERIODO DE 2000 – 2016.....	75
ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO .....	76
ANEXO 4: MAPA DE DISPERSIÓN DE ÁRBOLES EN EL FUNDO .....	82
ANEXO 5: CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN DE <i>S. parahyba</i> .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1 Selección de la especie <i>Schizolobium parahyba</i> , en el bosque.....	51
Tabla 2 Calidad de la sincronización de las series del ancho de los anillos por árbol de <i>Schizolobium parahyba</i> .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Página

Figura 1	<i>Schizolobium parahyba</i> : (A) Árbol en pie; (B) Muestra botánica; (C) Tipo de corteza; (D) Tipo de raíz, (E) Fruto; (F) Flores. ....	30
Figura 2	Muestra botánica de <i>Schizolobium parahyba</i> . ....	33
Figura 3	Anillos de crecimiento del leño de la especie <i>Swietenia macrophylla</i> , Variabilidad de los anchos de anillos (largos y estrechos). ....	35
Figura 4	Características anatómicas que destacan los anillos de crecimiento en angiospermas. ....	38
Figura 5	Ubicación geográfica de las áreas de estudio. ....	54
Figura 6	Fase de Campo: (A) Marcación de los árboles; (B) Taladrado del árbol; (C) Obtención de las muestras y (D) Acondicionando las muestras en tubos de plástico. ....	56
Figura 7	Software Image Pro Plus, con muestras de <i>Schizolobium parahyba</i> , con su respectiva medición. ....	57
Figura 8	Límites de los anillos de crecimiento en <i>Schizolobium parahyba</i> . ..	60
Figura 9	Serie cronológica master de los índices del ancho de los anillos de crecimiento de la especie <i>Schizolobium parahyba</i> , con el número de muestras de la especie. ....	62
Figura 10	Incremento en diámetro acumulado del tronco de los nueve árboles de <i>Schizolobium parahyba</i> . ....	64
Figura 11	Sensibilidad climatológica de la cronología de <i>Schizolobium parahyba</i> , con la precipitación media mensual y temperatura del aire. ....	65
Figura 12	Relación entre el ancho de los anillos de crecimiento de <i>S. parahyba</i> (línea negra) y los eventos de El Niño (línea trazada ceniza), con detalles de los anillos de crecimiento más cortos (fecha roja) y de los eventos más severos de El Niño (fecha azul). ....	66

## CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

Muchas especies forestales en la región de Madre de Dios, no son aprovechadas comercial e industrialmente, lo que conlleva a no ser aprovechadas y por consiguiente es desperdiciado estos recursos naturales.

Por otro lado, se desconoce el incremento dimétrico anual de la especie *Schizolobium parahyba* en el departamento de Madre de Dios y esto se puede solucionar con el potencial dendrocronológico de esta especie.

Se tiene especies forestales con adecuada actitud para plantaciones de especies tropicales en la región de Madre de Dios ya que tienen unas buenas propiedades de la madera, asimismo, un crecimiento rápido en diámetro para producir maderas. Además, en el departamento de Madre de Dios no se ha diseñado sistemas de plantaciones de especies tropicales que genere volúmenes comerciales de madera de origen legal y asimismo, sistemas que auxilien a la recuperación de áreas degradadas por actividades ilegales de minería, por ello, es necesario investigar las especies más idóneas para estas actividades productivas en el departamento.

### 1.2. Formulación del problema

¿Cuál será la dendrocronología del *S.parahyba* (vell.) s.f. Blake en el fundo El Bosque, de la UNAMAD (Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios), un tipo de vegetación secundaria?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Determinar la dendrocronología del *S. parahyba* del bosque secundario del fundo “El Bosque” de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Tambopata, Madre de Dios.

### 1.3.2. Objetivos específicos

Caracterizar los anillos de crecimiento de la especie *S. parahyba* del bosque secundario del fundo “El Bosque” de la UNAMAD.

Determinar la cronología de la especie *S. parahyba* del bosque secundario del fundo “El Bosque” de la UNAMAD.

Analizar el potencial de crossdating de la especie *S. parahyba* del bosque secundario del fundo “El Bosque” de la UNAMAD.

Calcular el incremento radial de los troncos de la especie *S. parahyba* del bosque secundario del fundo “El Bosque” de la UNAMAD.

Determinar la relación de la cronología con el clima (precipitación y temperatura).

Analizar la cronología en el fenómeno de El niño.

## 1.4. Variables

El sistema de variables descritas para el presente estudio está clasificado en variables independientes y variables dependientes.

### 1.4.1. Variables independientes

- Número de los anillos de crecimiento.
- Ancho de los anillos de crecimiento.

### 1.4.2. Variables dependientes

- Edad de los árboles.
- Incremento medio anual.
- Relaciones de clima cronología.
- Fenómeno El Niño.

## 1.5. Operacionalización de variables

En la Tabla 1, se presentan las variables con sus respectivos indicadores, instrumentos, unidades, escala y fuentes para esta investigación.

Tabla 1. Indicadores y definiciones

Variables	Indicadores	Instrumento	Unidad/escala	Fuente
Número de anillos de crecimiento de <i>S. parahyba</i> .	Conteo de las muestras (series) de la corteza – médula.	Muestras de maderas, lupa de 10x, estereoscopio	Número	IAWA
Ancho de los anillos de crecimiento de <i>S. parahyba</i> .	Medición del ancho de los anillos de crecimiento	Muestras de maderas, software Image Pro-plus	Milímetros (mm)	IAWA
Edad de los árboles de <i>S. parahyba</i> .	Determinado en función al número de anillos de crecimiento y el crossdating.	Muestras de madera, software COFECHA	Número	IAWA

Incremento Medio Anual	Medición del ancho de anillos de crecimiento	Muestras de maderas y cronología	Milímetros (mm)	
Relación clima - cronología	Comparaciones de los valores climáticos (precipitación y temperatura) con la cronología	Obtención de datos climáticos por fuentes secundarias (NOAA) y cronología información primaria	Coeficiente de correlación de Pearson	
Cronología – El Niño	Comparación de los valores de El Niño con la cronología	Obtención de reportes históricos de El Niño (NOAA) y la cronología (obtenida de la inv.)	Coeficiente de correlación de Pearson	

## 1.6. Hipótesis

### 1.6.1. Hipótesis Nula (H0)

La especie *Schizolobium parahyba* presenta anillos de crecimiento visibles que ayudan al estudio de dendrocronología y por lo tanto tiene potencial para estudios de dendrocronología en la región.

### 1.6.2. Hipótesis Alternativa (H1)

La especie *Schizolobium parahyba* presenta anillos de crecimiento poco visibles que no ayudan al estudio de dendrocronología y por lo tanto no tiene potencial para estudios de dendrocronología en la región.

## 1.7. Justificación

### 1.7.1. Económico

El estudio de la Dendrocronología de *Schizolobium parahyba* se justifica desde el punto de vista económico como la herramienta para poder determinar la producción de madera anual y con esto proyectar a futuro ciclos de corta con cifras más exactas. Y como *Schizolobium parahyba* es una especie de rápido crecimiento se podrían repotenciar bosques que hayan sufrido una fuerte tala del recurso forestal a través de programas de reforestación y técnicas adecuadas de prácticas silviculturales de tal manera que estos bosques vuelvan a tener potencial económico.

### **1.7.2. Social**

La sociedad como tal busca su desarrollo muchas veces en sus recursos naturales, y para que el uso de estos recursos sean aprovechados de manera racional y sostenible se debe contar con información técnica confiable que ayuden a lograr una mayor rentabilidad económica. Tal es el caso de la especie *Schizolobium parahyba* mientras se tenga a disposición mayor información confiable como resultado de ello se tendrán mejoras en las prácticas de manejo forestal, garantizando así la existencia de nuestros bosques para las nuevas generaciones.

### **1.7.3. Ambiental**

En el región de Madre de Dios uno de los grandes problemas ambientales que lo aqueja es la depredación y contaminación de los bosques a causa de la mala práctica de la minaría, dejando miles de hectáreas de áreas degradadas. Con estudios en dendrocronología se genera valiosa data que nos permitirá afianzar los conocimientos sobre la dinámica de crecimiento natural de ciertas especies. Cabe resaltar que contando con suficiente información se podrían desarrollar programas de recuperación de áreas degradadas, es aquí la importancia que podría significar la especie *Schizolobium parahyba* que por la características de rápido crecimiento que posee podría resultar ser una alternativa de solución para tremendo problema ambiental por la cual atraviesa la región de Madre de Dios.

### **1.7.4. Científico**

En la actualidad existe una gran cantidad de publicaciones en revistas científicas sobre temas de Dendrocronología y esta seguramente ira en aumento con el pasar de los años. Desafortunadamente en el plano local estos tipos de estudios son muy escasos, en ese sentido se espera que el presente estudio motive a otros tesisistas a realizar estudios similares para contar con una base de datos confiable la cual nos podría ser muy útil al momento de buscar respuestas a ciertos problemas ambientales.

## **1.8. Consideraciones éticas**

Esta investigación de grado, en todos los procesos de la ejecución de la tesis (planificación, ejecución y análisis), cumplió con respetar aspectos éticos, ambientales, sociales, que se enmarcan en las leyes: Forestal N° 29763 y la Ley General del Ambiente N° 28611 y otras leyes y reglamentos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de estudios realizados

#### 2.1.1. En el plano internacional

Latorraca, De Sousa, Da Silva y Ramos (2015), realizaron el estudio de Dendrocronología de Árboles de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake, vulgarmente conocido como "Guapuruvu", presenta anillos de crecimientos distintos, asegurados por un mayor espesamiento de sus paredes en el leño tardío y por la presencia de parénquima en franja marginal. En este contexto, el objetivo de este estudio fue construir la cronología de los anillos de crecimiento de árboles de *Schizolobium parahyba*, buscando generar conocimiento sobre la dinámica de crecimiento de la especie, así como la sensibilidad de la creación de los anillos de crecimiento por factores climáticos. De los 30 árboles seleccionados fueron recolectadas cuatro muestras radiales del tronco, utilizando una sonda Pressler. Para verificar la sincronización del ancho de los anillos de crecimiento y generar una serie maestra de la cronología para la especie, se utilizó el programa estadístico COFECHA. La especie presenta un óptimo potencial dendrocronológico, confirmado por una elevada correlación de la anchura de los anillos de crecimiento entre y entre árboles. Además, exhibe un elevado coeficiente de sensibilidad media, que demuestra respuesta a las variaciones ambientales. El crecimiento de la especie se correlacionó con la precipitación en la estación seca.

Rivera (2013), realizó el estudio de las capas de crecimiento de 15 maderas de Colombia (especies), determinando que existe de anillos de crecimiento en especies amazónicas y que es el primer

requerimiento para considerar una especie forestal que presenta potencialidad para estudios dendrocronológicos. Analizaron la anatomía de estas 15 especies colombianas, principalmente sus anillos de crecimientos; 02 de estas especies analizadas fueron endémicas del bosque de Arenas Blancas, 01 especie forestal fue clasificadas de rápido crecimiento y otras especies fueron, consideradas como especies forestales amenazadas por la presión de la industria forestal y la comercialización. Se estimó que el 87% de las especies estudiadas, tuvieron anillos visibles a simple vista. 87% de las especies forestales también se clasificaron como porosidad difusa teniendo predominando los poros solitarios, no presentaron una organización característica. Presentaron el tipo de parénquima marginal, que fue la característica más resaltante, relacionadas a la marcación de sus anillos de crecimientos. Se reportaron anillos de crecimiento tipo cuña con un 33% de las especies, muy característico y abundante en *Hevea nitida*, especie forestal endémica de los bosques de Colombia.

Callado y Guimarães (2010), realizaron el estudio de los anillos de crecimiento de *S. parahyba*. En este trabajo, los anillos de crecimiento fueron investigados para determinar la edad de la especie muertas, la relación de la anchura de esos anillos con los índices pluviométricos locales y la posible relación del episodio de mortalidad con la estructura de edad de la población o con procesos sucesivos. Los resultados demostraron que los individuos murieron con diferentes edades y que la anchura de los anillos de crecimiento fue significativamente correlacionada con la precipitación anual en el período investigado. La posibilidad del episodio de mortalidad refleja un proceso de sucesión natural o un evento particular de una población senescente fue descartado y es probable que las anomalías climáticas ocurridas entre los años 1997 y 2001 hayan contribuido a la mortalidad de los árboles.

### 2.1.2. En el plano nacional

Rosero (2011), estudió 03 especies tropicales analizando su dendrocronología, en dicho estudio se utilizó procesos dendrocronológicos en tres especies del bosque seco del Perú, se analizaron dos poblaciones en la región de Lambayeque en el Perú, utilizando cinco árboles de las especies forestales Sapote, Hualtaco y Palo Santo. Fueron obtenidas rodajas de madera completas, donde se caracterizaron la anatomía de estas 3 especies, los anillos de crecimientos y los procesos necesarios para analizar los anillos de crecimientos con softwares específicos de dendrocronología como COFECHA, ARSTAN e RESPO. Los resultados de este estudio en Lambayeque mostraron que estas tres especies presentaron anillos de crecimiento por zonas fibrosas, comprobó que estos anillos son anuales y pudo determinar las edades de los árboles forestales de Hualtaco con 47 años y de Palo Santo con 59 años. Con la cronología para Hualtaco de 1953 al 2006 (periodo) y de la especie Palo Santo de 1947 al 2005. El crecimiento de la especie Hualtaco estuvo en un rango de 0.44 hasta 0.72 cm/año y de Palo Santo de 0.31 a 0.67 cm/año. Por último, el autor encontró que la precipitación en Lambayeque es la variable del clima que ayuda al crecimiento de estas especies forestales.

Campos (2009), estudió la especie forestal de tornillo *Cedrelinga cateniformis* Ducke, en el departamento de Loreto en el Perú, con técnicas dendrocronológicas. El investigador utilizó árboles de bosque natural y de plantaciones teniendo como muestra treinta y cinco árboles colectados. Estos árboles fueron colectados con técnicas no destructivas utilizando el barreno de Pressler. Los resultados en los dos tipos de colectas, mostraron que el tornillo presentó anillos de crecimientos distintos, y se caracterizaron por zonas fibrosas. Se encontraron edades de 12 a 83 años; la precipitación fue la que influyó en el crecimiento del tornillo, en la época de lluvias que fue de enero – abril y mayo.

### 2.1.3. En el plano local

Schipper (2011), realizó el estudio de dendrocronología del Cedro, *Cedrela odorata* L. en la región de Madre de Dios, en el cual para la obtención de las muestras selecciono 21 árboles de cedro en cinco áreas de concesiones forestales en el distrito de Iberia, se obtuvieron rodajas circulares de los árboles seleccionados como muestras las cuales fueron codificadas y secadas cuidadosamente. Las conclusiones de esta investigación fueron que la especie *C. odorata* es una especie parcial heliófila y se desarrolla mejor en la etapa inicial de su desarrollo, y subsiguientemente en áreas abiertas de los bosques tropicales. Sobre su desarrollo radial está relacionado con la precipitación de forma positiva y de forma negativa con la temperatura. El turno de corta en bosques naturales de esta especie es de 126 años, teniendo como referencia el DMC de 65 centímetros.

Rosero (2009), estudió la especie forestal caoba, *Swietenia macrophylla* King, a nivel dendrocronológico. Colecto del departamento de Madre de Dios veinte árboles mediante técnicas no destructivas. Se estudió la anatomía de caoba, sus anillos de crecimientos, utilizando diversos softwares específicos para dendrocronología y después de ellos relacionando sus resultados con el clima del departamento. Como resultados encontró que la caoba esta presenta anillos distintos a simple vista y que se delimita por el parénquima marginal, siendo estos anillos anuales y encontró edades de 80 a 122 años. Sobre el clima dicha especie crece en las épocas más lluviosas tanto al inicio y al final de esta estación y finalmente presenta potencial para reconstrucciones climáticas en esta parte del Perú.

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. Clasificación sistemática

Según lo estipulado por Cronquist (1988), clasifica a la especie de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Angiosperma.
Clase	: Dicotiledonea.
Orden	: Fabales.
Familia	: Fabaceae.
Género	: Schizolobium.
Especie	: Parahyba.
Nombre científico	: <i>Schizolobium parahyba</i>
Nombre común	: Pashaco.

### 2.2.2. Nombres comunes

Ecuador: pachaco; masachi. Bolivia: serebo. Colombia: tambor.  
Perú: pashaco.

### 2.2.3. Nombre comercial internacional

Quamwood

### 2.2.4. Descripción botánica

El árbol de Pashaco tiene un diámetro de 30 cm a 70 cm y varía en altura de 18 m a 25 m, presenta fuste de tipo cilíndrico, y una ramificación en el tercer tercio y presenta base del tronco recto (Reynel *et al.* 2003).

**Corteza externa:** Externamente, la corteza es del tipo lisa a agrietada, de coloración marrón a rojiza a grisácea y presenta ritidomas de tipo placas rectangulares a cuadrangulares de 1.5 a 4.0 cm de ancho; la corteza a nivel interno es homogéneo de una coloración blanquecina y presenta olor a legumbre (Reynel *et al.* 2003).

**Hojas:** Las ramitas terminales presentan sección circulares y son de coloración marrón rojizo a marrón claro estando secas, de diámetro entre 5.0 a 10.0 mm, de tipo glabras, las hojas son del tipo compuestas bipinnadas, de disposición en espiral y alternas, los peciolo varían en longitud entre 6.0 a 12.0 cm, presenta raquis de tipo acanalado, son opuestas las pinnas, los pares de 10.0 a 20.0, del tipo oblongos son foliolulos, de longitud entre 1.5 a 3.0 cm y el ancho varía entre 0.4 a 0.7 cm, son enteros, sus nervaduras secundarias de 12.0 a 14.0 pares, los promínulos están presentes en ambas caras, los ápices de los foliolos rotundo y mucrón diminuto, la base rotunda, las hojas son glabras o pubescentes suavemente por parte del envés; las inflorescencias son del tipo panículas de longitud entre 20.0 a 40.0 cm, multifloras, producidas en las defoliadas ramitas; de mediano tamaño son las flores, hermafroditas, zigomorfas, están presentes el cáliz y corola, los pedicelo de longitud entre 4.0 a 10.0 mm, el cáliz de longitud entre 4.0 a 5.0 mm, la corola son de coloraciones amarillas, de longitud entre 2.0 a 2.5 cm, los estambres de longitud entre 1.0 a 1.5 cm, los gineceos son de pistilos de ovarios súperos y alargados, los estigmas son inconspicuos (Reynel *et al.* 2003).

**Inflorescencia:** Las inflorescencias del Pashaco son del tipo en paniculadas, grandes y terminales, de largo entre 20.0 a 35.0 cm, con los raquis amarillos a verdosos, ligeramente puberulentos y se desenvuelven sobre los brotes nuevos. Las flores del Pashaco son zigomorfas de largo entre 1.5 a 2.0 cm, perfumadas ligeramente, con 5.0 sépalos oblongos soldados en la base y una corola con 5.0 pétalos libres, de coloración amarillas con pedicelos articulados, oblongas a ovadas, de largo 1.0 a 2.0 cm. Los estambres desiguales en promedio 10.0 y libres, recurvados ligeramente, las anteras pardas y los filamentos verdosos. Los ovarios son súperos, estipitados cortamente, alargados, uniloculares y cubierto de pelos negros con los estigmas simples (Reynel *et al.* 2003).

**Frutos:** Los frutos del Pashaco son planos y alargados, oblanceolados, el ápice es rotundo, de longitud entre 8.0 a 10.0 cm y de ancho entre 2.5 a 3.5 cm, la superficie de los frutos son glabra y lisa, de coloración marrones a rojizos o marrones a oscuros, presenta una semilla alada y única, de tamaño y forma parecida al fruto, su ala está ubicada lateralmente (Reynel *et al.* 2003).

**Semillas:** La semilla del Pashaco son prolongadas, orbiculares aplanadas, presenta una coloración entre crema a verdoso, de largo entre 1.5 a 3.5 cm y de ancho entre 1.0 a 2.0 cm. Las semillas están revestidas por una cubierta del tipo papiráceas, el aspecto de ala, otorgándole la situación de sámara (Reynel *et al.* 2003).

**Floración:** Las floraciones del Pashaco, semejante que las de otras especies tropicales de una extensa distribución geográfica, está en función de su latitud. Comunidades de Pashaco que encuentran al norte del Ecuador florecen habitualmente entre los meses de enero y junio (Hechavarría *et al.*, 2000), (citado en Justiniano *et al.*, 2001), en tanto que en latitudes meridionales las floraciones ocurren entre los meses de mayo y agosto (Lorenzi, 1992), (citado en Justiniano *et al.*, 2001).

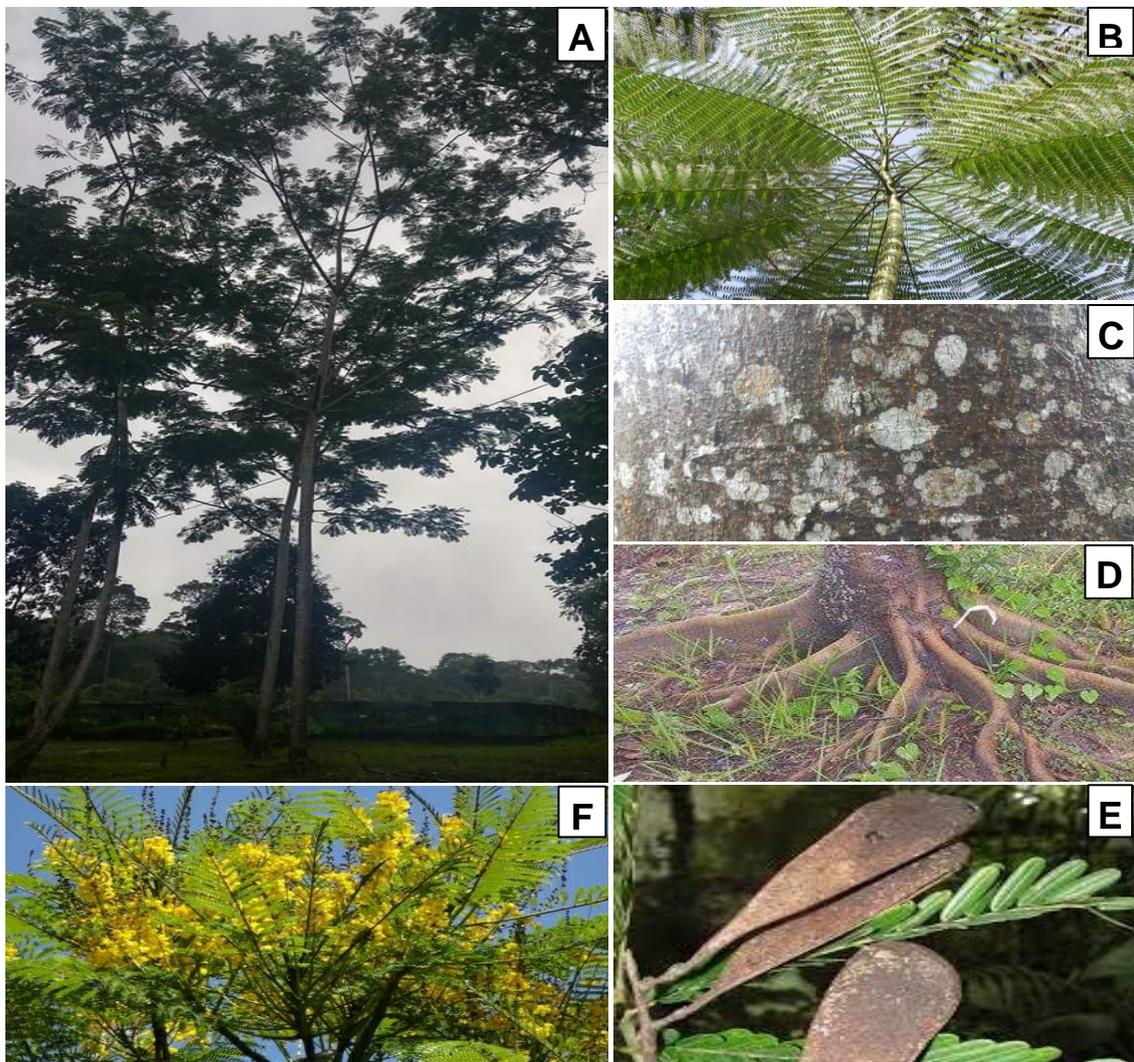
**Polinización:** La polinización de esta especie, en función a los exámenes realizados a lo largo de su floración el pashaco los insectos polinizadores más frecuentes alrededores de las flores son inaptos de la familia Apidae (abejas) y de las familias Nymphalidae, posiblemente Heliconidae y Pieridae (mariposas diurnas). EL pashaco presenta unas flores semejantes a las de la tribu Cassinae, podrían tener polinizadores en común como la especie *Trigona silvestriana* (Roubik, 1989), (citado en Justiniano *et al.*, 2001).

**Dispersión de Semillas, Germinación y Establecimiento:** Las semillas y su dispersión del pashaco es anemócora (Saldías *et al.*,

1994), (citado en Justiniano *et al.*, 2001) y generalmente, concuerdan con las épocas en que los contextos climáticos de vientos fuertes y de sequedad, consienten una gran amplitud de difusión. Las semillas de esta especie, presentan una latencia durante tiempos largos, hasta que estas semillas encuentren contextos propicios para su germinar y siguiente crecimiento. Esta latencia del pashaco, se consigue alargar por unos cuantos años, se observó claros con abundantes regeneraciones de pashaco, pese que de no tener cerca los semilleros (árboles) (Justiniano *et al.*, 2001). La germinación del pashaco es epigea. La germinación de las semillas es estimulada por la humedad, pero también por la luz y las remociones del suelo, son, además, estos factores que provocan la germinación. Las escarificaciones de las semillas pueden ser ayudadas por los incendios forestales contribuyendo en este proceso, induciendo la germinación intensiva del pashaco. En los laboratorios se ha encontrado que, las tasas de germinación pueden lograr hasta un 42% de éxito y la cúspide de ésta se promueve a los 50 días de sembrados.

**Distribución de la especie:** El género *Schizolobium* se restringe al neotrópico, que se extiende de México (sur) incluso a Brasil (sureste) en el estado de Paraná y el estado de Rio Grande do Sul. La especie *S. parahyba* habitita en las regiones húmedas neotrópicas; elige un clima del tipo subhúmedo estacional a tropical húmedo, con un promedio de precipitación anual que fluctúe entre los 1200 a 2500 mm (Hechavarría *et al.*, 2000), (citado en Justiniano *et al.*, 2001). El rango altitudinal del pashaco oscila entre los 150 a 1500 m.s.n.m, desarrollándose desde llanuras aluviales hasta estribaciones montañosas, se puede adaptar sin embargo a diferentes ambientes fisiográficas (Sotelo, 1992 y CRS, 1993), (citado en Justiniano *et al.*, 2001). La especie *S. parahyba*, prioriza suelos bien drenados, puede soportar suelos con drenaje insuficiente a lo largo de periodos cortos (Saldías *et al.*, 1994; Nina y Rodríguez, 1999), (citado en Justiniano *et al.*, 2001). El Pashaco naturalmente crece en suelos aluviales ricos

y lateríticos pobres. Los plántones de *S. parahyba* prosperan, únicamente, en zonas con disturbios y abiertas del suelo como claros, patios de acopio, en los caminos (orillas) y otras formas de aperturas debidas al aprovechamiento forestal. Cuando concurren dichas situaciones y una cantidad adecuada de semillas, sólo las larvas de mariposas semejantes a la *Hypsiphylia* sp. Daño mecánico logra frenar el crecimiento de las regeneraciones de este árbol. Justo después que se establecen, las plántulas corren ágilmente de las competencias, gracias a su crecimiento rápido en altura y a su condición de librar de las plagas de lianas” (Justiniano *et al.*, 2001).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1

*Schizolobium parahyba*: (A) Árbol en pie; (B) Muestra botánica; (C) Tipo de corteza; (D) Tipo de raíz, (E) Fruto; (F) Flores.

### 2.2.5. Características organolépticas de la madera

Según lo estipulado por Rodríguez y Sibille (1996), describe a la especie de la siguiente manera:

**Color:** El tronco recientemente cortado presenta la albura (capas externas de madera) de coloración crema amarillento y el duramen (capas internas) de coloración marrón pálido, se observa entre las dos capas un gradual y leve diferencia de coloración. En condiciones seca al aire, la albura se cambia a color blanco 8/2 5Y, mientras que el duramen a una coloración amarilla pálida HUE 8/4 2,5Y, zonas de coloración rosadas HUE 7/4 7,5YR Rodríguez y Sibille” (1996),

**Sabor:** no perceptible.

**Olor:** a legumbre distinto.

**Grano:** ligeramente del tipo entrecruzado.

**Brillo o lustre:** del tipo medio.

**Textura:** media a gruesa.

**Figura o vetado:** Es escasamente distinto, del tipo satinado y con líneas verticales; satinado, con bandas anchas diferenciadas, irregulares y algunas son más oscuras.

**Peso y dureza:** La madera del pashaco es muy liviana y blanda; el peso específico básico es bajo menor que 400 kg/m<sup>3</sup>.

### 2.2.6. Características macroscópicas de la madera

Según lo estipulado por Rodríguez y Sibille (1996), caracteriza a la especie de la siguiente manera:

**Anillos de crecimiento:** En el corte transversal son visibles porque presentan de zonas de tejido más oscuras y densas. Los poros: En el corte transversal son visibles a simple vista, muy pocos y grandes: menos de 5.0 poros por mm<sup>2</sup>; solitarios y múltiples de 2.0 a 5.0 poros. En el corte radial y tangencial presenta líneas vasculares visibles a simple vista claramente, más oscuras, no totalmente rectas. En el corte transversal presenta una porosidad del tipo difusa Rodríguez y Sibille (1996).

**Parénquima axial:** En el corte transversal es visible con lupa de 10x, del tipo paratraqueal vasicéntrico (envolviendo los poros); casualmente del tipo aliforme confluyente en forma de alas que entretejen los poros Rodríguez y Sibille (1996).

**Radios:** En el corte transversal es visibles con lupa 10x, finos de ancho entre 2.0 a 4.0 células, numerosos moderadamente entre 4.0 a 12.0 radios por mm lineal. En el corte radial y tangencial los radios son no diferenciados, de altura bajos mínimos de 1.0 mm Rodríguez y Sibille (1996).

**Utilidad de la madera:** “Madera blanda blanca, sirve para pulpa de papel y cajonería. Se usa para establecer sistemas agroforestales, su uso es variado, para marco de cuadros y puertas, en cajonería para transporte de frutas, para encofrados y divisiones internas en la construcción de casas, para hacer canoas. Se usa también para leña, madera aserrada y cajonería” Rodríguez y Sibille (1996).

Además, presenta usos para revestimientos, aeromodelismo y juguetería. También se produce producción de triplay en la industria del laminad Reynel *et al.* (2003); CEDISA (2003); Cardozo y Portal (2014).

**PASHACO**

*Schizolobium parahyba* (vell.) S.F. Blake



*Rodaja de la madera*



*Corte transversal*



*Corte tangencial*



*Corte radial*

Fuente: Rodríguez y Sibille (1996).

Figura 2

Muestra botánica de *Schizolobium parahyba*.

**2.3. Bases conceptuales**

### 2.3.1. Amazonía Peruana y sus bosques tropicales

Mejia (1995), (citado en Campos, 2009) menciona que los bosques del Perú hospedan en su espacio una formidable biodiversidad de especies, genes y ecosistemas, existiendo en sus florestas los más diversos en variedad de especies que cualquier otra selva del mundo. Constan varias investigaciones a nivel de América Tropical, con el fin de categorizar la vegetación, la mayoría fundados en deferencias bioclimáticas, como de Beard (1944), Tosi (1960), Hueck (1966), Holdrige (1967), Holdrige *et al.* (1971), ONERN (1976), Braga (1979), Hueck y Siebert (1981), Pires y Prance (1985), Guillaumet (1987) y Prance (1989), (citados en Campos, 2009). En los bosques peruanos, el razonamiento para la categorización de las selvas tropicales ha sido con fines de caracterización del potencial maderable, de acuerdo con Malleaux (1971, 1975, 1982), Encarnación (1985) y Kalliola (1987, 1988, 1991), (citado en Campos, 2009), que representan las formaciones vegetales en base a componentes geomorfológicos, de dinámica fluvial y ecológicos. La clasificación de Encarnación (1993) es relevante ecológicas y prácticas, usa la denominación popular y se basa en una comprensión profunda de la vegetación.

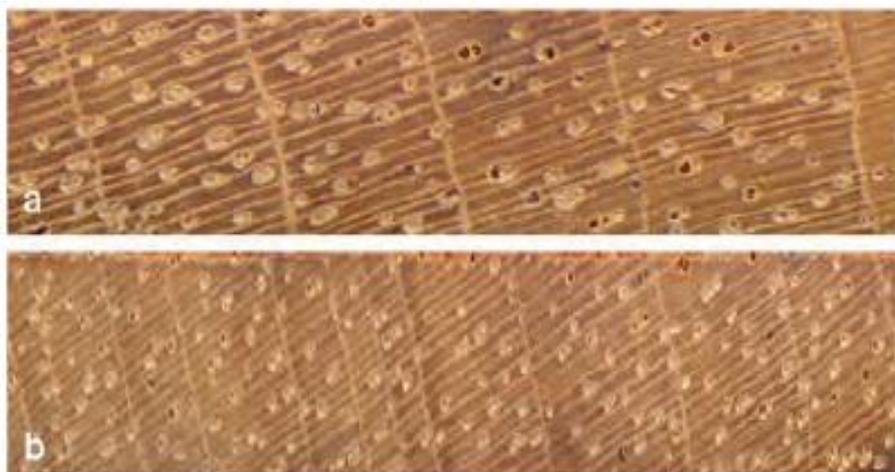
La reserva forestal de Tambopata en la región de Madre de Dios posee más de 1000 especies de plantas, como las familias Fabaceae, Moraceae y Rubiaceae, con el mayor número de especies. Otras especies tropicales incluyen Annonaceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae y Lauraceae (Gentry y Ortiz, 1993), (citado en Campos, 2009). Acanthaceae y Orchidaceae, se localizan entre las familias más diversas en la selva peruana (Foster, 1990), (citado en Campos, 2009).

El récord mundial de diversidad local, ampliamente citado, es el de Yanamono de la Reserva Turística Explorama, proxima de Iquitos. En 1.0 ha, en este bosque se inventariaron 300 especies diferentes y 600 plantas individuales, con un diámetro a la altura del pecho

mayores a 10.0 cm. La segunda parcela más rica en diversidad de especies en el mundo está ubicada en Mishana, río Nanay, con 289 especies. Toda esta biodiversidad permite tener un enorme potencial para estudios dendrocronológicos debido a la alta variedad de especies interactuando con diversos factores ambientales y diversidad de ecosistemas. Se recalca que todavía la amazonia peruana es una de las regiones del mundo más ricas en diversidad biológica y es necesario resaltar que esta región persiste aún escasamente conocida florísticamente (Gentry, 1988), (citado en Campos, 2009).

### 2.3.2. Anillos de crecimiento

Según Stokes y Smiley (1996), (citado en Rosero, 2011), se genera como resultado del incremento radial originado por el cambium vascular, formando el xilema secundario durante el periodo de crecimiento. A nivel de la anatomía, el cambium vascular origina elementos de mayor diámetro en la época de la primavera (madera de primavera) y de menor diámetro con las paredes más gruesas en invierno (madera de verano), la actividad cambial de todo el año forma un anillo de crecimiento en la madera (ver Figura 2).



Fuente: Rosero (2011).

Figura 3

Anillos de crecimiento del leño de la especie *Swietenia macrophylla*, Variabilidad de los anchos de anillos (largos y estrechos).

Concurren seguridades que indican que la formación de estos anillos de crecimientos, están relacionadas a las disponibilidades fotosintéticas y las presencias de las auxinas Haygreen y Bowyer, (1982); Stokes y Smiley, (1996) y Hienrich, (2004), (citado en Rosero, 2011). Las formaciones de grandes diámetros de células, típicas de madera temprana, supuestamente obedece a la cantidad de las auxinas y del desarrollo de paredes celulares gruesas con proceso de fotosíntesis a totalidad (Rosero, 2011).

De acuerdo con Shepherd, (1964); Haygreen y Bowyer, (1982) Hienrich, (2004), (citado en Rosero, 2011), sostienen que la formación del anillo de crecimiento, se forma a inicios de la primavera cuando los árboles se encuentran sin hojas y con brotes abultados, los azúcares utilizados en estos procesos de desarrollo son aquellos que han sido acumulados en las raíces o en otras posiciones del árbol anticipadamente. A medida que las nuevas hojas brotan y comienza la fotosíntesis, las hojas ultiman su desarrollo al mismo turno que el desarrollo del meristemo apical que se inicia con prisa, debido a la presencia de una gran cantidad de auxinas (Rosero, 2011). Así mismo, las mayores cantidades de azúcares disponibles en este instante es consignado a la elaboración de nuevas hojas y raíces y un conjunto muy pequeño es utilizado para el engrosamiento de las paredes celulares generados por el cambium vascular (Rosero, 2011).

Cuando finaliza la época de crecimiento, los factores climáticos como sequía, producen la disminución de las auxinas y la elaboración de pequeño diámetro de células, entretanto, el acopio de inhibidores de desarrollo causa disminución en el ritmo de elaboración de nuevas células, finalizando a su vez el desarrollo de nuevos brotes y crecimiento de nuevas hojas. Consecuentemente el producto fotosintético originado por las hojas desarrolladas a plenitud, está disponible para la síntesis de la pared celular. Subsiguientemente, la consecuencia existirá paredes gruesas de las células y pequeños

diámetros Stokes y Smiley, (1996); Haygreen y Bowyer, (1982), (citado en Rosero, 2011).

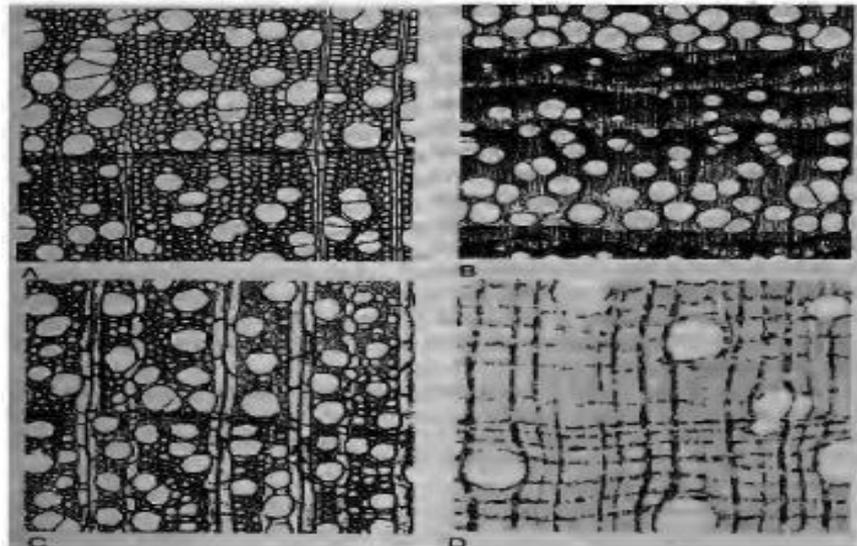
#### **A. Anillo de crecimiento y sus características anatómicas**

En las maderas dicotiledóneas angiospermas (latifoliadas) las camadas de crecimiento consiguen distinguirse por concluyentes caracteres anatómicos Grosser, (1977), (citado en Rosero, 2011) tales como:

- La ocurrencia de una banda parenquimátosa de células en los finales de las camadas de crecimiento que es el parénquima del tipo marginal, que surgen como una banda clara y sutil de tejido parenquimático más claro que el color de la madera. Ejemplo: *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae), *Liriodendron tulipifera* (Magnoliaceae) (Rosero, 2011). (ver Figura 4a).
- El ensanchamiento de los radios en los términos del anillo de crecimiento que es una característica visible exclusivamente en microscópico. Por ejemplo: *Balfourodendron riedelianum* (Rutaceae), *Liriodendron tulipifera* (Magnoliaceae) (Rosero, 2011). (ver Figura 4a).
- La agrupación o dimensión mayor de los vasos al inicio de la etapa vegetativa llamado de madera temprana y más diminutos y corrientemente más pocos y más espesos con fibras de paredes gruesas al final del año de crecimiento denominado r tardía. Este tipo de anillo de crecimiento es denominado como leño de porosidad circular. Ejemplo: *Cedrela fissilis* (Meliaceae), *Catalpa bignoniodes* (Bignoniaceae) (Rosero, 2011). (ver Figura 4b).
- Las pequeñas diferenciaciones en la organización celular del anillo de crecimiento, para lo cual la formación de anillos de crecimiento es dificultosa de revelar, debido a que los poros son de poco más o menos del mismo tamaño en todo el anillo de crecimiento en este caso frecuentemente se origina una mayor proporción de fibras. A estas maderas se les denomina maderas de porosidad difusa. Asimismo, cuentan con un

engrosamiento diferenciado de las paredes de las fibras de forma similar al que sucede en las gimnospermas. Ejemplo: *Mimosa scabrella* (Mimosaceae), *Pyrus communis* (Rosaceae) (Rosero, 2011). (ver Figura 4c).

- Las alteraciones en el espaciamiento de las bandas tangenciales de un parénquima axial del tipo escaleriforme o reticulado, como en las familias de Sapotaceae y Lecythydaceae. Po ejemplo: Lecythydaceae: *Cariniana decandra*. Este fenómeno puede aparecer conducido adicionalmente por una ausencia o menor número de poros en la madera tardía denominada zonas fibrosas (ver Figura 4d).



Fuente: Rosero (2009). “a) Parénquima marginal y ensanchamiento de los radios en el límite de los anillos de crecimiento (*Liriodendron* L.-Magnoliaceae); b) Porosidad en anillo (*Catalpa Bignonioides* Walt. - Bignoniaceae); c) Espesamiento diferencial da las paredes de *tulipifera* las fibras al final del periodo vegetativo (*Pyrus commenis* L. - Rosaceae); d) Alteración en el espaciamiento de las fajas tangenciales de parénquima axial (*Cariniana decandra* Ducke – Lecythydaceae)”

Figura 4

“Características anatómicas que destacan los anillos de crecimiento en angiospermas” (Rosero, 2011).

## B. Falsos anillos y Anillos discontinuos

Son originados debido a que el desarrollo del árbol es suspendido por escenarios tales como: heladas, defoliación por ataque de insectos, sequía, pérdida temporal del follaje causada por heladas

tardías, ataques de insectos y de hongos, como consecuencia a la incitación del desarrollo fuera del periodo causado por situaciones propicias, granizo; en la inicial época seca continuación de otoño lluvioso, disponibilidad repentina de nutrientes, eliminación de competencia, entre otros factores Burger, Richter, (1991); Priya y Bhat, (1999), (citado en Rosero, 2011). Acarrea como resultado una latencia o lento desarrollo apical. La elaboración de auxinas disminuirá originando la formación de células del tipo de leño tardío. Si estos escenarios que causan este lento desarrollo son continuos por situaciones propicias, patrones normales de desarrollo ocurrirán, en otras palabras, la elaboración de células de lumen amplio y paredes delgadas típico de maderas tempranas Haygreen, Bowyer (1982); Salisbury y Ross (1994) y Hienrich (2004), (citado en Rosero, 2011).

A nivel microscópico la capa de paredes gruesas de las células que determinan el anillo de crecimiento falso merma progresivamente tanto para el exterior como para el interior del fuste, mientras que, en los anillos de crecimiento verdaderos, la demarcación entre el leño tardío y el leño inicial es siempre abrupto Burger, Richter (1991), (citado en Rosero, 2011).

Un anillo de crecimiento discontinuo es la consecuencia del estado de dormancia en que permanecen en uno o más lugares el cambium vascular. Esta dormancia, se ha reportado por una escasa disponibilidad de auxinas a una porción del cambium vascular (Larson, 1956), (citado en Rosero, 2011) y deficiente localización de los alimentos. Además, los anillos de crecimiento discontinuos se muestran casualmente en árboles donde unos de los lados de las ramas han perdido las hojas y de los árboles sobre maduros Kramer y Kozlowski (1979) y Schweingruber (1988), (citado en Rosero, 2011).

Estos anillos de crecimiento discontinuos suceden especialmente en los árboles más viejos que muestran las copas asimétricas. El cambium vascular en una o más territorios del fuste persiste en dormancia durante una o varias épocas de desarrollo induciendo interrupción del anillo de crecimiento, no obstante, se dan asimismo en casos donde los árboles son jóvenes sobre todo aquellos que han sido lastimados naturalmente generando cicatrices y por generando disminución del desarrollo del cambium en esas zonas afectadas Larson (1956), Schweingruber (1988), Hienrich (2004), (citado en Rosero, 2011).

Según Hiendrich (2004), (citado en Rosero, 2011) alude que en su investigación con *Toona ciliata* de nombre vulgar Cedro australiano, planteó algunas necesidades para la correcta caracterización de anillos de crecimiento falsos donde se debe considerar los siguiente: (Rosero, 2011):

- Los anillos de crecimiento exageradamente angostos, donde estos anillos estrechos parecen faltar totalmente solo de madera tardía, siendo de vasos grandes rodeados de tejido de parenquimático visibles como orificios negros separados por líneas verticales leves. No obstante, es muy posible que los anillos de crecimiento estrechos no sean producidos por situaciones climáticas específicas, pero si más posiblemente por otras variables como, por ejemplo: tasa de crecimiento propia de la especie o competencia dentro del bosque. En otras situaciones logran ser usadas como años contrastes gracias a su sensibilidad a los efectos de sucesos atmosféricos largos (Rosero, 2011).
- La dificultad con la detección e identificación de los límites del leño temprano y el leño tardío, por la falta de características anatómicas como porción del tamaño de vasos

específicamente la porosidad circular y la porosidad difusa y bandas de parénquima (Rosero, 2011).

- Cuando el límite del anillo de crecimiento contiguo es menos visible, debido a la proporción de la pared celular de la fibra al lumen y al tamaño del poro, revelando una coloración que no cambia destacadamente (Rosero, 2011).

### **2.3.3. Dendrocronología**

Según Tomazello, Botosso y Lisi (2001), (citado en Campos, 2009) dendrocronología procede de la palabra en griego *dendros* que significa árbol, *chronos* que significa tiempo y *logos* que significa estudio. Significa al estudio del árbol y su edad teniendo en deferencia que cada árbol registra anomalías ambientales que cambian de algún modo el desarrollo de los árboles. Los iniciales exámenes que concernieron sobre el ancho de los anillos de crecimiento de los árboles con el clima vienen del siglo XV, y fue el propio Leonardo da Vinci quien examinó la correspondencia entre las precipitaciones y los anillos de crecimientos de los árboles que eran anuales (Campos, 2009).

Del mismo modo Salisbury y Ross (1994) y Correa (2004), (citado en Rosero, 2011) sostienen que el desarrollo habitual de la madera a través del tiempo, es una acción que lleva a la demarcación de las heterogéneas capas creadas en la madera, debido a las alteraciones estacionales en la asimilación del árbol, más adecuadamente por las variaciones de la elaboración y acción del cambium vascular, tejido meristemático responsable del desarrollo secundario del árbol (Rosero, 2011).

Según Córdova (2003), (citado en Rosero, 2011) la dendrocronología es el método que estudia el datado y la reconstrucción de sucesos tales como: incendios forestales, clima, actividad volcánica, etc, a partir de la anatomía de los anillos del

crecimiento de los árboles, asimismo congrega un gran conjunto de información de valioso cuantía para el búsqueda y toma de medidas en bien del manejo forestal, como observaciones de desarrollo, cuantificación y rastreo de la producción del volumen, así como las evaluaciones del CO<sub>2</sub> y de los volúmenes fijado en su leño (Rosero, 2011).

Además, es un origen significativo de pesquisa relacionado a la aptitud de las mismas, al permitir prestar atención de su variedad, defectos y formación, también, acepta la elaboración de investigaciones de auto-ecología, estimación o resultado de acciones silviculturales y restauración de sucesos atmosféricos entre otros Correa (2003) y Tomazello *et al.* (2001), (citado en Rosero, 2011).

#### **A. Dendrocronología y sus principios**

Tomazello *et al.* (2001), (citado en Campos, 2009) sostienen que, como otras ciencias, la dendrocronología se gobierna por un agregado de reglas científicas o principios, las cuales poseen su base en el año 1785 uniformidad (Principio), y más últimamente en el año 1987 agregación de los componentes ambientales(Principio). Ciertos de estos principios se emplean particularmente para la dendrocronología y sus estudios, mientras que otras son similares a varias disciplinas (Grissino – Mayer, 1996 y Tomazello *et al.*, 2001), (citado en Campos, 2009).

Así mismo (León y Espinoza de Pernia, 2001 y Tomazello *et al.*, 2001), (citado en Campos, 2009) refieren a estos principios de la consecutiva forma:

- **Uniformidad (principio):** El principio dice que los métodos biológicos y físicos que intervienen en el desarrollo de un árbol en el presente, equivalentemente fueron presentes en el pasado (McCarthy, 1998). Además, el principio estuvo

determinado por James Hutton en 1875, quien lo manifiesta como: *el presente es la clave del pasado*". No obstante, los investigadores han desarrollado al señalar que "*el pasado es la clave del futuro*". De otra manera, al saber las situaciones climáticas dominantes en el pasado, mediante la investigación del árbol a través de sus capas de crecimiento, se consiguen pronosticar y/o manipular las situaciones ambientales en el futuro (Grissino-Mayer, 1997). La uniformidad no expresa que los contextos del pasado son puntualmente semejantes a las del presente, sino que son equivalentes clases de influencias afectan equivalentes tipos de métodos" (Grissino-Mayer, 1996).

- **Factores limitantes (principio):** conforme a este principio, el proceso de desarrollo del árbol puede suceder sólo tan vertiginoso como lo consienta el elemento que opera como limitante principal. Así, como ejemplo, si la precipitación es la mayor restrictiva del desarrollo, la cuantía de leño derivada por un árbol en un periodo definitivo, manifestará la cuantía de precipitación de ese periodo (Grissino-Mayer, 1996). Cuando las situaciones son restrictivas, varios componentes afines con el proceso de desarrollo son restringidos, generandose cantidad de células menores, anillos de crecimiento angostos y la densidad del leño modifican en función de que constituyente actúa como restrictivo y las particularidades de las células (Fritts, 1996). Se subrayar que, en Sur América, este componente restrictivo es la precipitación y que logran coexistir otros componentes preponderantes obedeciendo del lugar, por ejemplo en Perú el factor restrictivo sería la precipitación y en Alaska, es la temperatura (Rodriguez, 2008).
- **Amplitud ecológica (principio):** el principio manifiesta que los los árboles crecen, reproducen y propagan a través de una clase de medio que puede ser angosto, restringido o amplio (Grissino-Mayer, 1996). La jerarquía de este principio se

declara porque diversas especies ventajosos en los estudios de dendrocronología, frecuentemente, se hallan juntas de los términos de su natural rango para su crecimiento (McCarthy, 1998 y Grissino-Mayer, 1997).

- **Crecimiento agregado (principio):** Alguna serie propia de desarrollo de un árbol puede ser “desarreglada” en un conjunto de elementos agregados que perturban el patrón de desarrollo del árbol a través del tiempo. Como ejemplo: el desarrollo que se origina en un año, es una función de una serie de elementos unidos tales como clima, edad ocurrencia de eventos dentro como por ejemplo el derrumbe de un árbol y fuera como por ejemplo causada por insectos xilófagos. Para extender la atribución de un factor ambiental en específico, los otros factores deben ser menguados. Ejemplificando, la extender la señal conveniente al clima, se debe excluir la tendencia afín con los árboles, sitios y la edad escogidos deben restar la posibilidad de acción de la presencia de componentes internos o externos que puedan perturbar el desarrollo (Grissino-Mayer, 1996 y McCarthy, 1998). El principio puede ser indicado, por la fórmula matemática, con la sucesiva ecuación (McCarthy, 1998):

$$R_t = A_t + C_t + D1_t + D2_t + E_t$$

La ecuación enuncia que cualquier anillo de crecimiento “R” desarrollado en un expreso año “t” es una función de la tendencia de desarrollo relacionada con la edad “A”, condiciones climáticas “C”, componentes internos del bosque que puedan perturbar el desarrollo “D1”, componentes externos del bosque que puedan perturbar el desarrollo “D2” y la labor de cualquier otro componente aleatorio “E” que fue considerado en respeto de los primeros (Rosero, 2011).

- **Crossdating (fechado cruzado) (principio):** el principio del crossdating es primordial de la dendrocronología y reside en determinar a cada anillo de crecimiento el periodo correcto de su formación (Martínez, 1996) mediante una causa de incorporación de la diferenciación del ancho del anillo y otras tipologías anatómicas estructurales de los anillos de crecimientos (Kham, 1997), (citado en Campos, 2009). Este principio se puede formar mediante la atención de diversas técnicas (McCarthy, 1998), siendo 1) clásico método, directamente en la madera, 2) ploteos de gráficos, 3) tabulado o listas, 4) medición de los anillos de crecimiento con respecto a su ancho – crossdating, 5) sistema computarizados y 6) estadísticas (Campos, 2009).
  
- **Selección de sitio (principio):** las áreas ventajosas para la dendrocronología consiguen ser reconocidos y selectos con base a juicios que muestren que se causarán series de anillos de crecimientos sensitivas a los factores climáticos que están en procesadas. El investigador debe elegir áreas que extendieran la señal que está siendo evaluada (McCarthy, 1998). Se deben seleccionar e identificar un sitio ecológicamente homogéneo donde se colectarán los árboles (muestras) para investigaciones en anillos de crecimiento (Kaennel y Schweingruber, 1995), (citado en Campos, 2009).
  
- **Replicación (principio):** el principio muestra que se requiere seleccionar más de una probeta del radio del tronco por árbol y más de un árbol por área. Esto aprueba ejecutar cotejos estadísticos de variabilidad entre estos individuos y entre conjuntos de individuos. Los cálculos de estas variaciones proporcionarán información excelente sobre como los componentes del sitio y el clima que intervienen en el desarrollo del árbol (Fritts, 1976). Al seleccionar más de una serie de anillos de crecimiento por árbol se reduce más la tasa de

diferenciación adentro de un propio individuo (Grissino-Mayer, 1996 y McCarthy, 1998).

- **Sensibilidad (principio):** los exámenes del árbol a través de los anillos de crecimiento consigue ser un norte de cómo los elementos climáticos se logran cambiar en un componente restrictivo del transcurso de desarrollo. Mientras mayores sea las restricciones al desarrollo causada por componentes del ambiente, mayor será la diferenciación del ancho de los anillos de crecimiento dentro del propio individuo. La fluctuación del ancho de los anillos como resultado de la existencia de un componente restrictivo toma el nombre de sensibilidad, otra parte que la falta de variación toma el nombre de complacencia (Fritts, 1976). Los árboles exponen anillos de crecimiento sensibles, cuando su desarrollo es presumido por componentes tales como: poca humedad, pendiente, suelos pobres. La existencia de anillos de crecimiento complacientes se genera bajo la labor de contextos climáticos invariables tales como: crecimiento en regiones protegidas, la alta disponibilidad de agua y suelos fértiles (McCarthy, 1998). De otra manera, el desarrollo de los árboles es explicado como sensible cuando coexiste un alto valor de diferenciación anual, generándose una mixtura de anillos de crecimiento estrechos y anchos a en el tiempo. Además, el desarrollo de los árboles se considera complaciente, cuando no presenta un alto grado de diferenciación anual, por consiguiente, concurre poca diferenciación del ancho de los anillos de crecimiento en el tiempo. En las investigaciones sobre anillos de crecimiento se eligen los modelos de desarrollo en donde esté sensibilidad a que el proceso de crossdating se proporciona más mientras mayor sea la diferenciación en el ancho de los anillos de crecimiento (Martínez, 1996).

Por último, (León y Espinoza de Pernia, 2001 y Tomazello *et al.*, 2001), (citado en Campos, 2009) mantienen que también de los

principios explicados en la dendrocronología utilizan una manera de estandarización del cual, ciertas veces es considerado como un principio. El ancho de los anillos de crecimiento puede variar no solo como resultado de los cambios climáticos, sino que asimismo se pueden producir variaciones como consecuencia de la altura del tronco donde se toma la muestra, edad del árbol, productividad del sitio y sus condiciones. En las investigaciones de variación del estudio del ancho de los anillos de crecimiento en correlación a cambios climáticos, es provechoso evaluar la tasa de cambios sistemáticos de anchos de anillos de crecimiento asociados con la edad, para así removerlos de las mediciones (Campos, 2009).

Esta corrección del ancho del anillo con correspondencia a la geometría del árbol y la edad es distinguida con el nombre de estandarización y los valores transformados toman el nombre de *índice de ancho del anillo* (Fritts, 1976). Esta estandarización está en la extracción de las variaciones de extensos periodos en una serie temporal de parámetros medidos en los anillos de crecimiento. La metodología consiste en fraccionar los valores observados “medidas de los anillos” por los productos estimados por la función de estandarización ajustada; de esta manera, una serie temporal del espesor de los anillos de crecimiento es convertida en una serie de índices del espesor de los mismos anillos (Kaennel y Schweingruber, 1995), (citado en Campos, 2009).

## **2.4. Definición de términos básicos**

### **2.4.1. Anillos de crecimiento**

Son zonas concéntricas de capas de desarrollo visibles en el plano transversal. Estos son completamente definidos en especie

maderable que crecen en zonas templados y escasamente evidentes o no característicos en especie tropical.

#### **2.4.2. Cronología**

Es la ciencia que tiene por esencia establecer las fechas y ordenes de los episodios históricos.

#### **2.4.3. Xilema o Madera**

Es el conjunto de células que integran el tejido maderable. Tejido cuya principal función es de soporte y de transporte de agua de los troncos y raíces.

#### **2.4.4. Maderas latifoliadas (poros)**

Son las maderas que exhiben vasos o poros, característico de las especies latifoliadas leñosas en diferencia de las coníferas.

#### **2.4.5. Maderas coníferas (sin poros)**

Son las maderas carentes de vasos o poros, particular de las especies de coníferas.

#### **2.4.6. Médula**

Es la porción céntrica de los troncos, principalmente formada por tejido blando o parenquimatoso.

#### **2.4.7. Poros**

Es la expresión de utilidad para el plano de corte transversal de un traqueida vascular o elemento vascular, cogiendo el aspecto de pequeñas aberturas.

#### **2.4.8. Probeta**

Es la muestra de formas y dimensiones expresas que se obtienen a partir de la vigueta escogida para los estudios de las propiedades de las maderas.

#### 2.4.9. Población

La población es un conjunto de individuos de cualquier género, especie o clase.

#### 2.4.10. Punto de saturación de las fibras

El PSF es la etapa del leño donde el agua libre fue excluida, en tanto las paredes celulares se conservan impregnadas.

#### 2.4.11. Plano de corte

Es el plano o áreas que se genera al seccionar un trozo de madera en diferentes cortes o planos. Estos son plano transversal (Tr) y plano longitudinal radial (Rd) y el plano tangencial (Tg).

- **Plano transversal:** (Tr), Es el plano que se origina al cortar la madera de forma perpendicular al eje longitudinal del árbol o tronco.
- **Plano radial:** (Rd), Es el plano que se origina al cortar la madera de forma perpendicular a los anillos de crecimiento y paralelo a los radios.
- **Plano tangencial:** (Tg), Es el plano que se origina al cortar la madera de forma perpendicular a los radios y tangente a los anillos de crecimiento.

#### 2.4.12. Vigueta

Es el nombre técnico que se le asigna a un listón de madera que se obtiene de la troza de madera y que presenta las dimensiones necesarias para los siguientes pasos de obtención de las probetas que se estudiarán en el laboratorio.

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 3.1. Tipo de estudio

El tipo de investigación del presente estudio es del tipo descriptivo y correlacional, por lo mismo que se describió y correlacionó el ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Schizolobium parahyba*.

### 3.2. Diseño del estudio

El tipo de diseño empleado en el presente estudio de investigación de dendrocronología de *Schizolobium parahyba*, es descriptivo.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

En este estudio de investigación se consideró como población a todos los individuos de *Schizolobium parahyba* con un DAP > 15 cm, que se encuentran dentro del fundo de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios denominado “El bosque”.

#### 3.3.2. Muestra

La selección de los árboles fue de manera aleatoria simple, es necesario señalar que durante el procedimiento de elección de los 09 árboles se consideraron a aquellos árboles que presentaron condiciones adecuadas fitosanitarias, además, sin daños patológicos, fuste recto, asimismo se colectaron muestras botánicas y reproductivos de los árboles colectados para la confirmación botánica respectiva en función a las normas usadas. (Tabla 1).

La identificación de la especie forestal y su respectiva certificación fue realizada por un especialista.

Tabla 1

Selección de la especie *Schizolobium parahyba* en el bosque.

N°	Especie	Código	DAP (cm)	H. total (m)	Coordenadas UTM		Obs.
					Este	Norte	
1	Pashaco	P01	35	14	484915	8622330	
2	Pashaco	P02	36	14	484922	8622322	
3	Pashaco	P03	42	15	484921	8622315	
4	Pashaco	P04	33	14	484925	8622326	
5	Pashaco	P05	47	15	484928	8622327	
6	Pashaco	P06	56	16	484906	8622334	
7	Pashaco	P07	52	15	484975	8622301	
8	Pashaco	P08	37	13	484989	8622294	
9	Pashaco	P09	36	14	484985	8622293	

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Métodos y técnicas

#### 3.4.1. Características generales

##### A. Ubicación política

Región : Madre de Dios

Provincia : Tambopata

Distrito : Las Piedras

Sector : Loboyoc

##### B. Clima

El clima de la región de Madre de Dios es de tipo tropical húmedo y cálido, las informaciones climáticas registradas en la ciudad de Puerto Maldonado muestran que la temperatura media anual es 26°C, oscilando entre los 10°C a 38°C, con una precipitación total anual promedio de 1 423 mm., oscilando entre 1 600 mm a 2 400

mm. Prevalen los vientos procedentes del Noroeste con velocidades que fluctúan entre los 0.3 a 0.6 m/s, y la humedad relativa mensual entre 80% hasta 89% (INRENA, 2003).

### **C. Suelo**

#### **– Terrazas altas ligeramente disectadas**

Estos tipos de suelos incluye un área próxima de 1 185 494 ha, de la región de Madre de Dios. La unidad pertenece a la primera fase de disectación, la que se determina por exponer una topografía ligeramente inclinada a plana, cortadas por disecciones de un rango de 15 hasta 25 % de pendiente, por lo que se identifican cauces muy espaciados entre sí y poco profundos, estableciendo en los espacios entre los cauces fueron casi homogéneas, con escasa a nula erosión y planas. El suelo está constituido por sedimentos finos poco afianzados, de principio aluvial antiguo, advirtiéndose una lixiviación y movimiento de arcillas de los mantos superficiales a las más hondas, con alineación en ciertos casos de pequeños nódulos ferromagnesianos. Estos suelos se sitúan en las partes oriental y central de la zona de estudio, encontrándose los lugares de Bellavista, Palma Real, Alegría y Puerto Maldonado, entre otras establecidos cubiertos por esta. (ZEE -MDD.2009)

### **D. Tipo de bosque**

#### **– Terrazas altas con rodales de Castaña (BTarC)**

Este tipo de bosque envuelve una superficie próxima de 1 251 084 ha. Dicha unidad es de extensión la segunda de ligera relacionada a las otras unidades, se localiza en su mayor superficie en el sector este de Madre de Dios, entre los ríos Muymanu, Manuripe, Tambopata y Madre de Dios, el relieve es comparativamente plano, con alturas respecto al nivel de base local del río que oscilan entre 1.0 a 20.0 metros, muestra pendientes suaves llegando al 3.0 %, con algunas divisiones

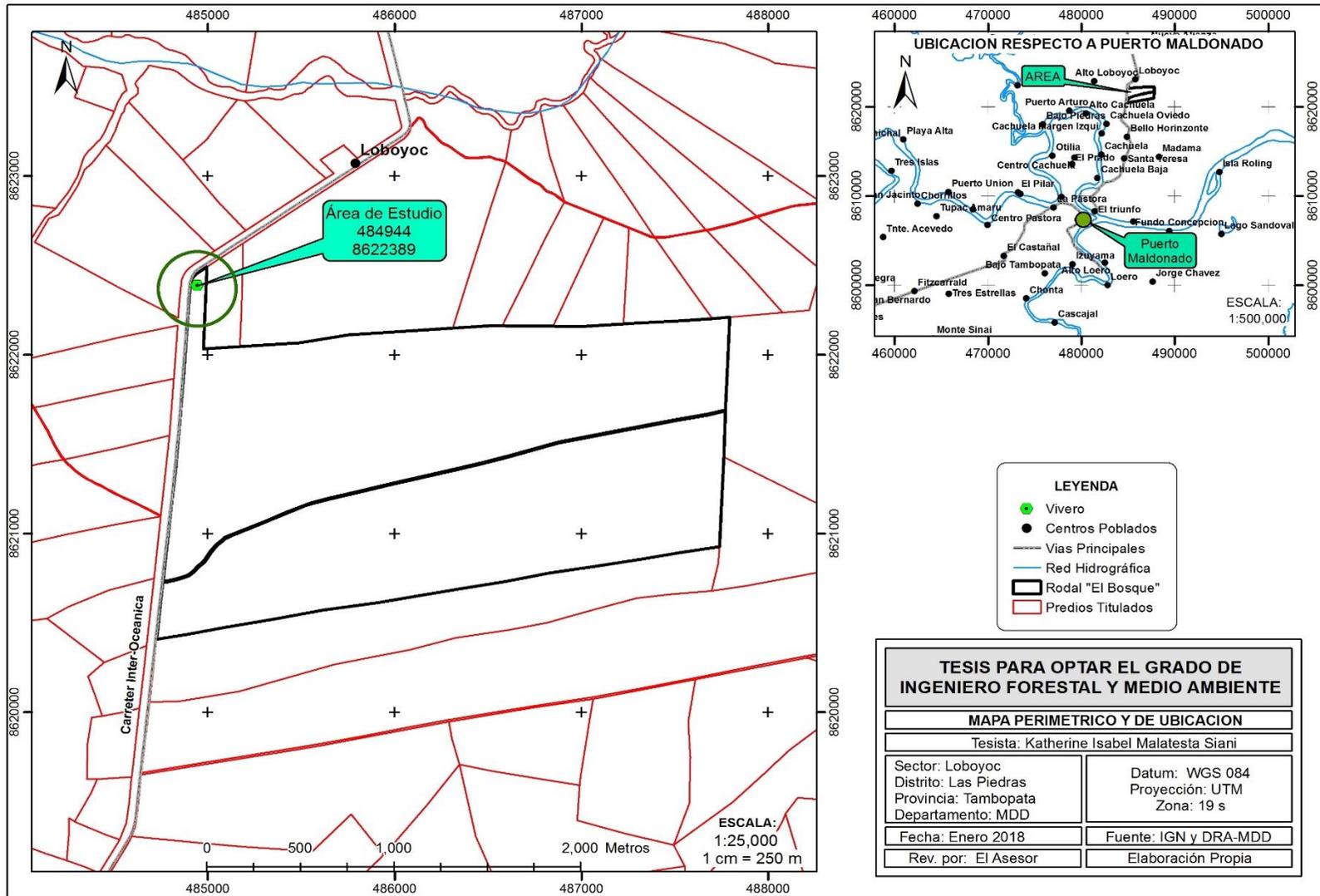
disectados, que hace que el diseño de un aprovechamiento productos diferentes de la madera y forestal maderable, como la siringa y la castaña, comparativamente factible sin el riesgo del deterioro del económico y ecosistemas. La vegetación preponderante es la arbórea llegando varios de ellos a exceder los 35 metros de altura al igual que sus diámetros a la altura del pecho superan 100 cm, agrupada con especies de palmeras tales como Huacrapona, Huasai, Cashapona, Shapaja, Ungurahui y Huicungo, con un sotobosque comparativamente disperso con especies forestales de regeneración natural de árboles y palmeras. El relieve plano del terreno ayuda en la accesibilidad para el aprovechamiento de los recursos forestales siendo comparativamente fácil ZEE – MDD (2009).

#### **E. Procedencia del material experimental**

Las muestras de leño de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, fueron colectadas del fundo de la UNAMAD, denominada “El Bosque”, que se encuentra ubicado en el sector de Loboyoc correspondiente al Distrito de Las Piedras (Figura 5).

#### **F. Lugar de ejecución de la investigación**

La investigación sobre la dendrocronología de *Schizolobium parahyba*, se ejecutó en la Planta Piloto de Tecnología de la Madera - UNAMAD, del departamento de Ingeniería Forestales y Medio Ambiente, Laboratorio de Propiedades de la Madera. Se localiza en el Km 16.0 de la carretera Interoceánica Sur sentido Puerto Maldonado – Iñapari, del sector Loboyoc.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4  
Ubicación geográfica de las áreas de estudio.

➤ **Ubicación geográfica**

Longitud : 76° 57" 00" Este

Latitud : 12° 05" 06" Sur

Altitud : 244 msnm

➤ **Ubicación Política**

Región : Madre de Dios

Provincia : Tambopata

Distrito : Las Piedras

Sector : Loboyoc

### 3.4.2. Metodología

La determinación de los anillos de crecimiento y exámenes dendrocronológicos realizados con el fin de cumplir con los objetivos trazados en el referido estudio, se localizan sujetas bajo lo estipulado en las Normas Internacionales IAWA (1989) y COPANT (1974).

#### **A. Demarcación, colecta, y extracción del leño de los árboles de *S. parahyba***

Los árboles de *S. parahyba*, fueron ubicados dentro del fundo de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios denominado "El Bosque", mediante un censo exploratorio. De los cuales se seleccionó y demarcó 09 árboles considerándose diferentes clases diamétricas, del mismo modo se tomó en cuenta los aspectos de sitio y fitosanitarios, para evadir la acción del efecto de borde pues ella influye en el desarrollo de los árboles debido a factores como acumulación de nutrientes, vientos, exposición solar e inclinación del terreno.

Los especímenes de leño de los árboles seleccionados fueron colectados con auxilio del Barreno o Sondas Pressler (5 x 400 mm, diámetro x longitud), se colectaron cuatro muestras (radios) por árbol,

en dirección corteza – médula, distanciadas a 90° y colectadas al nivel del diámetro a la altura del pecho “DAP”.

Después de obtener las muestras de leño de los árboles seleccionados fueron acondicionados en tubos de plásticos (sorbetes), las cuales fueron codificadas para su fácil distinción y finalmente estas fueron transportadas para el Laboratorio de Anatomía, ubicado en la Planta de investigación de la UNAMAD.



Fuente: elaboración propia.

Figura 5

Fase de Campo: (A) Marcación de los árboles; (B) Taladrado del árbol; (C) Obtención de las muestras y (D) Acondicionando las muestras en tubos de plástico.

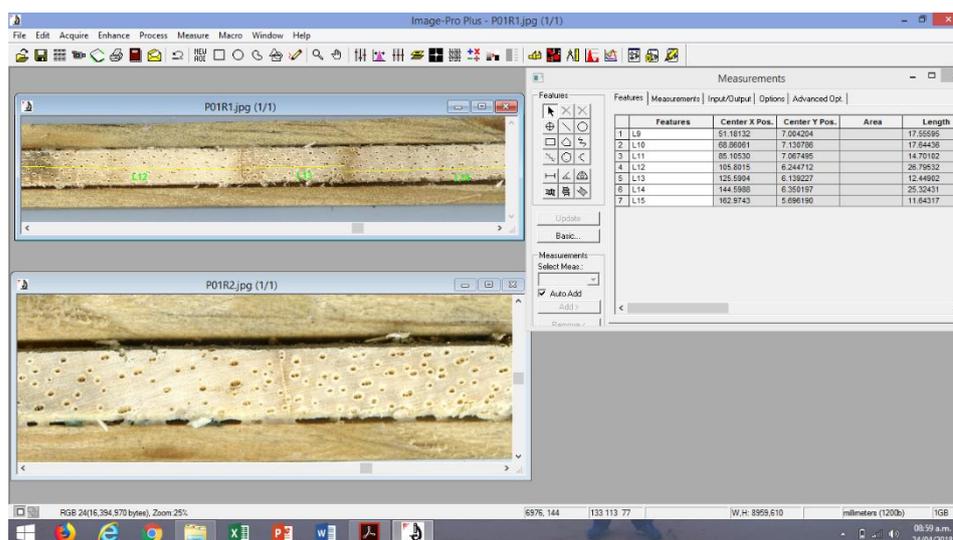
## B. Caracterización anatómica de los anillos de crecimiento de *S. parahyba*

### – Preparación de las muestras de madera para la caracterización de los anillos de crecimiento

Se seleccionaron un total de 18 muestras de leño colectados de los árboles seleccionados para la determinación de los anillos de crecimiento. Las maderas fueron secadas al aire, para después colocarlas en un soporte de madera para ser lijadas y pulidas con lijas de diferentes granulometrías (60-1200 granos/cm<sup>2</sup>), con la finalidad de poder visualizar mejor los elementos anatómicos de la especie.

Posteriormente se digitalizaron las muestras con un scanner a una resolución de 1200dpi. La caracterización se realizó en base a lo estipulado en las Normas IAWA (1989) y COPANT (1974).

Seguidamente las imágenes digitalizadas de los especímenes de leño estuvieron medidas con el software Image Pro Plus. Una vez finalizada el proceso de medición del ancho de los anillos de crecimiento de manera manual, se exportaron los valores obtenidos por árbol seleccionado hacia hojas de cálculo del software *Microsoft Office Excel 2007*, con la finalidad de ordenados y analizados.



Fuente: elaboración propia.

Figura 6

Software Image Pro Plus, con muestras de *Schizolobium parahyba*, con su respectiva medición.

### **C. Sincronización y elaboración de la cronología de *S. parahyba* a través de los anillos de crecimientos**

#### **– Preparación de las muestras de madera**

En este proceso los ejemplares de madera de los árboles seleccionados de *Schizolobium parahyba* estuvieron colocados en soportes de maderas, convenientemente con los elementos anatómicos dispuestos en orientación longitudinal. Cabe resaltar que el plano transversal de las muestras en las maderas fue lijado/pulidas con lijas de diferentes granulaciones entre 60 a 1200 g/cm<sup>2</sup>, para visualizar la estructura macroscópica del leño y sobre todo los anillos de crecimiento.

Después de las mediciones de los anillos de crecimiento de las especies se procedió a realizar la verificación y el control de la sincronización (co-datado) de las series dentro y entre de los árboles Fritts (1976), con ayuda del software COFECHA Holmes *et al.*, (1986), que analizó estadísticamente la correlación entre las partes de las series fluctuantes a datar y las series maestras o individuales independientemente verificadas y datadas, viabilizando identificación de la presencia de los anillos de crecimiento falsos para su control posterior.

Para la fabricación de las cronologías se usó el software ARSTAN MRWE Application Framework Copyright © 1997-2004, (Holmes *et al.*, 1986). Las cronologías fueron correlacionadas con los valores mensuales de temperatura y precipitación, también con datos históricos del fenómeno de El Niño, obtenido de la base del *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NCEP-NCAR Reanalysis); datos temperatura del aire y precipitación total históricos (KALNAY, 1996).

### **D. Incremento radial de *Schizolobium parahyba***

Para efectuar este proceso de evaluación se realizó empleando los 09 árboles seleccionados de *Schizolobium parahyba*, en el cual se procedió a la determinación del crecimiento diamétrico del fuste de los

árboles a partir de: I) Incremento corriente anual en diámetro (ICAD), II) Incremento diametral acumulado (IDA) y III) Incremento medio anual en diámetro (IMAD).

La fórmula convencional que se aplicará para este proceso es la siguiente:

$$ICAD = 2 \times \text{Ancho del anillo}$$

$$IDA = \sum_1^n ICAD$$

Finalmente conociendo el ICA para cada año, se calculó el incremento medio anual (IMA) para cada año de crecimiento, expresado como la sumatoria del incremento corriente anual:

$$IMA = \frac{\sum ICA_{DAP}}{Edad}$$

### E. Cronología y relación con el clima y el fenómeno El Niño

La cronología de la especie *Schizolobium parahyba*, fue correlacionada con los valores mensuales de temperatura y precipitación del mismo modo también con datos históricos del fenómeno de El Niño, obtenido de la base del *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NCEP-NCAR Reanalysis); datos históricos de temperatura del aire y precipitación total (Kalnay *et al*, 1996; NOAA 2017).

#### 3.4.3. Técnica de análisis de datos

Para el cálculo del ancho de los anillos de crecimiento se utilizó el programa Imagen Pro Plus, para determinar el nivel de correlación los datos se usaron el programa COFECHA, para la obtención de la cronología master se utilizó el programa ARSTAN. También se utilizó el programa R (R Development Core Team 2013).

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. Anatomía

#### 4.1.1. Caracterización de los anillos de crecimiento de *Schizolobium parahyba*

La madera de los árboles de *S. parahyba*, fue caracterizado anatómicamente en su sección transversal, en la dirección de la médula - corteza, evidenciando anillos de crecimiento distintos. La demarcación de las camadas de crecimiento es caracterizada por la presencia de parénquima marginal y escasamente por zonas fibrosas de coloración más oscura, presentando el achatamiento radial de las fibras una menor frecuencia de vasos y mayor espaciamiento de sus paredes.

En función de los anillos de crecimiento falsos de *S. parahyba*, se visualizó fajas de parénquima marginal finas a muy finas discontinuas y muy escasas, lo que no dificultó la identificación y marcación de los anillos verdaderos (Figura 8).



Elaboración propia.

Figura 7

Límites de los anillos de crecimiento en *Schizolobium parahyba*.

Como se puede observar en la figura anterior el ancho de los anillos de crecimiento, vario ampliamente en el plano transversal. Los anillos de crecimientos son caracterizados por parénquima marginal y por las zonas fibrosas. Las flechas muestran la delimitación de los anillos de crecimiento.

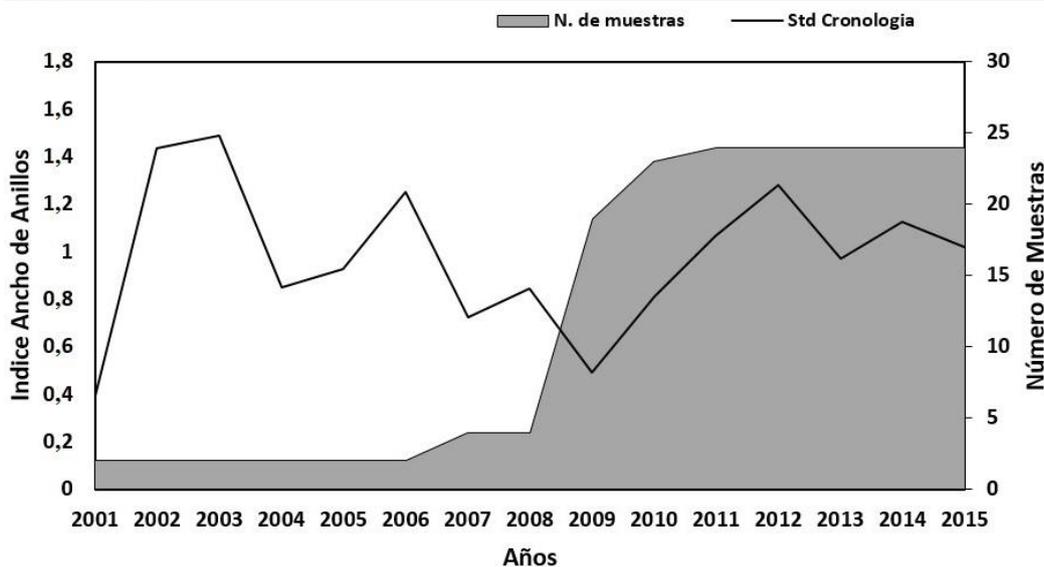
Los anillos de crecimiento distintos de la especie *S. parahyba*, se puede relacionar con la fenología de la especie, puesto que es caducifolia y según Worbes (1995), en los periodos de estaciones secas, muchas especies de árboles de los bosques tropicales presentan el fenómeno de caducifolia, en respuesta al estrés hídrico, resultando en dormencia o disminución del ritmo de crecimiento y en la formación de anillos de crecimiento. Del mismo modo Mendivelso *et al.*, (2016), mencionan que la mayoría de las especies que presentan potencial dendrocronológico son caducifolias y que en ellas la familia fabácea es una de las representativas.

Los resultados obtenidos de la determinación anatómica de los anillos de crecimiento de *S. parahyba*, repite el padrón encontrado en la literatura científica (Ferreira (2002), Tomazello Filho *et al.*, (2004), Lisi *et al.*, (2008), Marcati *et al.*, (2008) y Lobão *et al.*, (2011). Comprobando así que la especie *S. parahyba*, presenta una delimitación distinta de sus anillos de crecimiento en la dirección de la médula - corteza.

#### **4.1.2. Dendrocronología**

Fue posible sincronizar las series cronológicas de los nueve árboles de *S. parahyba*. El resultado de la intercorrelación de Person fue de 0,61 el valor es altamente significativo, en función a lo establecido por el programa COFECHA de 0,32 lo que demuestra el potencial dendrocronológico alta de la especie en estudio, para investigaciones en los bosques tropicales. La sensibilidad fue de 0,36 indicando que es una especie sensible a las condiciones climáticas. Después de la

sincronización, fue utilizado el software ARSTAN y se consiguió la construcción cronológica de la serie master de 15 años (2001 - 2015), (Figura 9).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8

Cronológica master (serie) de los índices del ancho de los anillos de crecimiento de la especie forestal *Schozobium parahyba*, con el número de muestras de la especie.

En el gráfico anterior se puede interpretar que existen pocos árboles de 15 años de edad y por el contrario existen una mayor cantidad de árboles jóvenes.

Los resultados encontrados de la intercorrelación son iguales a los encontrados por Lobão (2011), de 0,61 cuando estudio la especie en el estado de Acre – Brasil, ya comparados con Latorraca *et al.*, (2015), de 0,71 son diferentes, donde las muestras de ese estudio fueron procedentes en una zona más lejana, como lo es la Reserva biológica federal del Tinguá – Rio de Janeiro – Brasil. Esta diferencia de la intercorrelación con Latorraca *et al.*, (2015), puede ser entendida por el número de árboles estudiados de 30 individuos, lo que ayuda a mejorar la intercorrelación de la especie, (Tabla 2).

Tabla 2

Calidad de la sincronización de las series del ancho de los anillos de crecimiento por árbol de *Schizolobium parahyba*.

<b>S.</b> <b><i>parahyba</i></b>	<b>N°</b> <b>Series</b>	<b>Extensión de la</b> <b>Cronología</b>	<b>Intercorrelación</b>	<b>Sensibilidad</b>
Árbol 01	4	2009 - 2015	0,688	0,313
Árbol 02	4	2009 - 2015	0,744	0,363
Árbol 03	4	2009 - 2015	0,100	0,333
Árbol 04	3	2009 - 2015	0,734	0,446
Árbol 05	2	2007 - 2015	0,678	0,363
Árbol 06	2	2001 - 2015	0,138	0,360
Árbol 07	4	2009 - 2015	0,831	0,286
Árbol 08	3	2010 - 2015	0,810	0,395
Árbol 09	2	2010 - 2015	0,808	0,363
<b>Promedio</b>			<b>0,610</b>	<b>0,360</b>

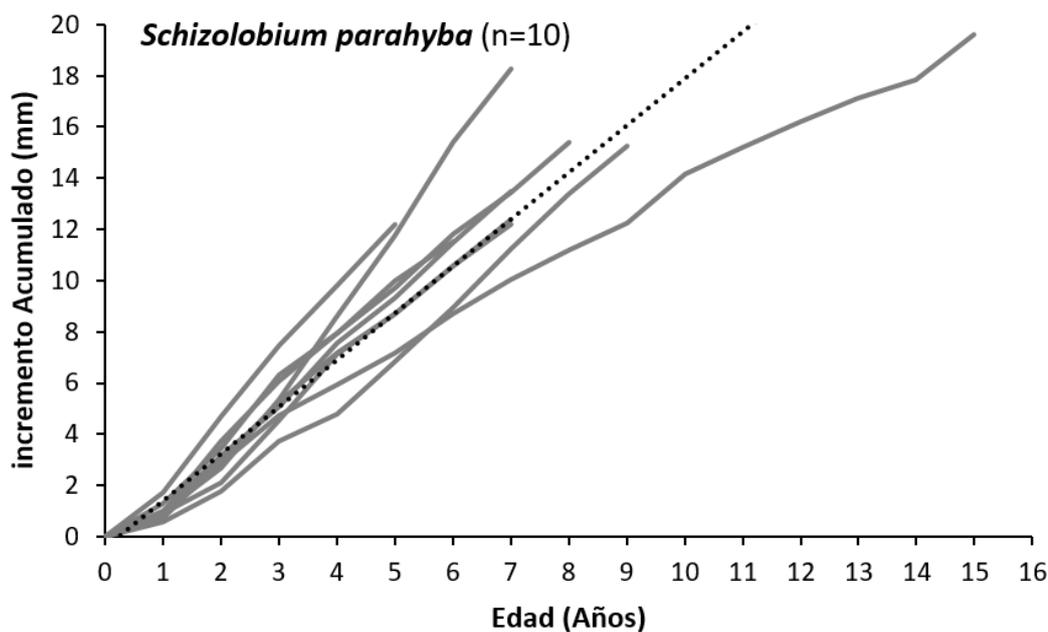
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Incremento radial de *Schizolobium parahyba*

El número de anillos de crecimiento vario entre los individuos estudiados, siendo el más joven con seis y el más viejo, con 15 anillos.

El DAP o diámetro a la altura del pecho de los 09 árboles de *S. parahyba* escogidos, vario de 33 cm a 56 cm. A partir del análisis de la Figura 10, se logra observar que todos los árboles son de diferentes edades mostraron un mismo padrón de crecimiento. El crecimiento promedio, mínimo y máximo en diámetro presentado, fue de 2,19; 1,46 y 3,29 cm/año respectivamente. Con relación a las trayectorias de crecimiento, se observó diferencias entre los 09 árboles de la especie, donde los 02 primeros años presenta un crecimiento similar y después cada árbol presenta un crecimiento diferente y rápido.

Latorraca *et al.*, (2015), manifiesta que en un estudio con 30 árboles de *S. parahyba*, la especie presenta un elevado crecimiento radial a lo largo de los primeros 20 años de edad, tendiendo a estabilizarse a partir de este punto. Comparando estos resultados podemos decir que los 09 árboles estudiados en el fundo El Bosque, aún están en pleno crecimiento.



Fuente: Elaboración propia.

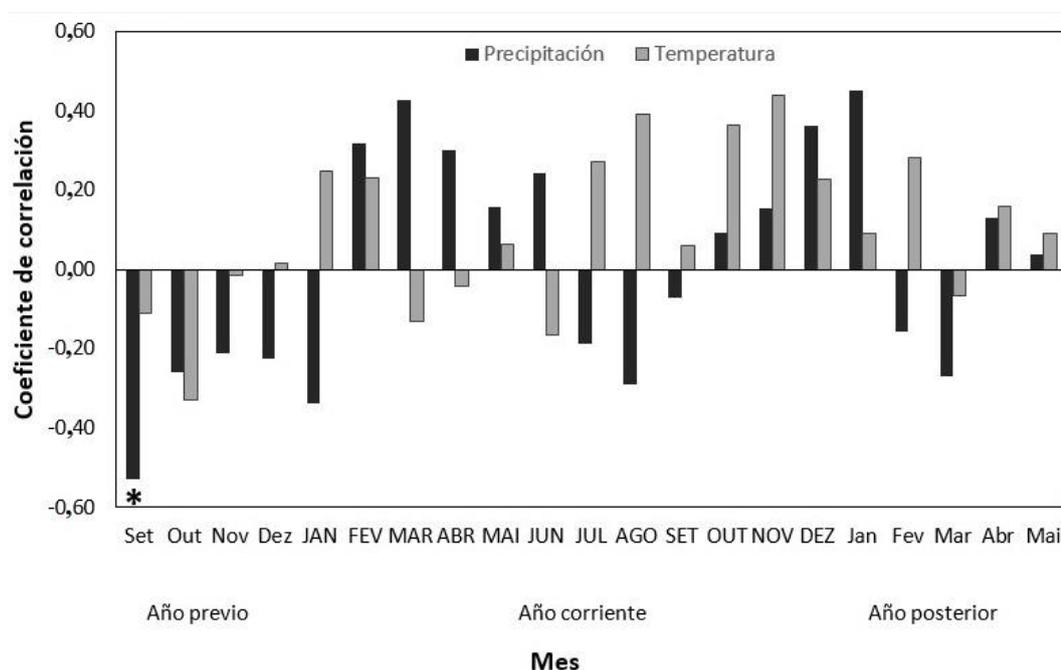
Figura 9

Incremento en diámetro acumulado del tronco de los nueve árboles de *Schizolobium parahyba*.

#### 4.3. Relación de la cronología de *Schizolobium parahyba* y el clima

La influencia de los factores climáticos en el desarrollo en diámetro de los árboles de *Schizolobium parahyba*, está relacionado con la precipitación pluviométrica. En el año anterior presento una correlación negativa en el mes de setiembre ( $r=-0,53$ ;  $p<0,53$ ), después no se muestra correlación positiva o negativa en el año corriente y posterior. Sin embargo, se puede ver que si se analiza el año corriente en los meses de febrero, marzo y abril (época de lluvias) por la precipitación se tiene tendencias positivas de crecimiento, en los meses de julio, agosto y setiembre (época de sequía) se observa tendencias negativas de crecimiento. Estas tendencias se dan por condiciones óptimas o desfavorables de precipitación, radiación solar, evapotranspiración, etc., y que el cambio vascular es sensible a estos aspectos climáticos.

Es posible que la relación de la cronología con el clima local no muestre mucha relación por que los árboles son relativamente jóvenes.



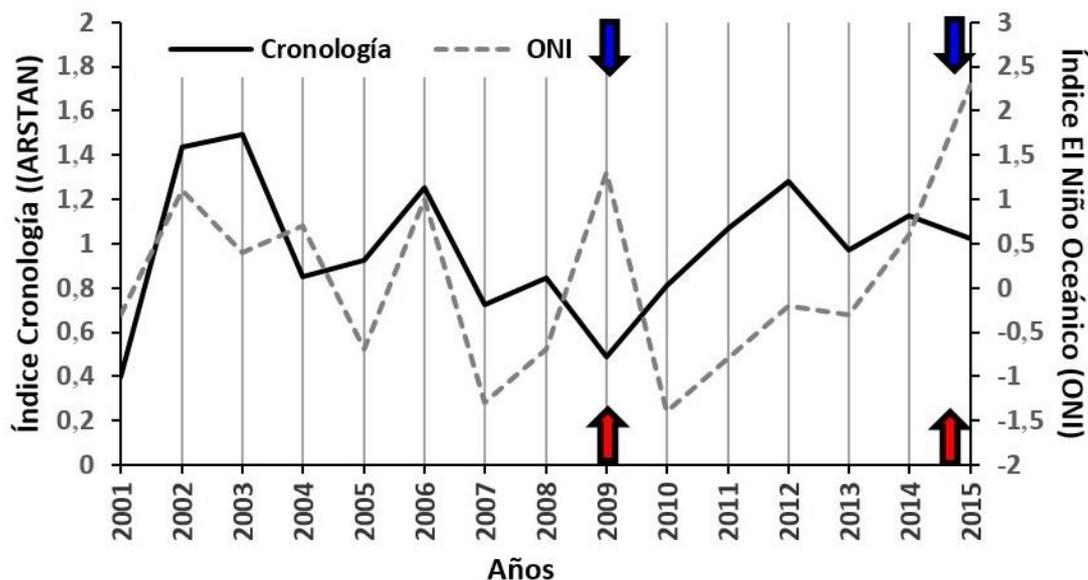
Fuente: Elaboración propia. (\*) Indica significancia al 0,05.

Figura 10

Sensibilidad climatológica de la cronología de *Schizolobium parahyba*, con la precipitación media mensual y temperatura del aire.

#### 4.4. Cronología y el fenómeno de El Niño

Con la cronología obtenida de la especie *S. parahyba*, puede observarse una secuencia de sucesos donde tuvo una disminución importante en el ancho de los anillos de crecimiento en los 09 árboles, primariamente en los años: 2009 y 2015 (ver Figura 12). Esa disminución es reflejada en una baja tasa de desarrollo en esta población y puede estar relacionada a los eventos más severos del El Niño. El índice de El Niño Oceánico (ONI) del trimestre (noviembre, diciembre y enero) fue correlacionado negativamente ( $r = -0,26$ ), con el ancho de los anillos de crecimiento para la especie.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11

Relación entre el ancho de los anillos de crecimiento de *S. parahyba* (línea negra) y los eventos de El Niño con línea punteada ceniza, con referencias de los anillos de crecimiento más pequeños con fechas roja y de los eventos más severos de El Niño con fechas azul.

Callado (2010), estudio la misma especie en Isla Grande Rio de Janeiro – Brasil, donde observó tasas elevadas de crecimiento en el periodo que precede a la muerte de los individuos estudiados de *Schizolobium parahyba*, periodo con mayores índices pluviométricos, sobre la influencia del evento La Niña. Lo que demuestra la sensibilidad de la especie con estos eventos más severos de El Niño y La Niña.

Marcati *et al.*, (2008), en otro estudio con la especie *Schizolobium parahyba*, en un bosque estacional semideciduo localizado en Botucatu, San Paulo – Brasil, verificaron que la especie tiene su actividad cambial reducida en el inicio de la estación seca, coincidentemente con la caída de sus hojas, siendo el crecimiento en diámetro y el desenvolvimiento de las hojas el inicio de la estación lluviosa. Confirma los datos encontrados los años 2009 y 2015, donde El Niño hizo reducir la actividad cambial de los árboles de *Schizolobium parahyba*, en la zona de estudio.

## CONCLUSIONES

En función a los resultados alcanzados en el presente estudio concluimos que:

- Los anillos de crecimiento de *Schizolobium parahyba* son distintos y se caracteriza por la demarcación del parénquima marginal y las zonas fibrosas (escasamente).
- La cronología de *S. parahyba* con los 09 árboles en el bosque secundario del fundo “El Bosque” fue de 15 años (2001 - 2015). El árbol más joven presento 5 años y el más viejo 15 años.
- Como la intercorrelación encontrado por el programa COFECHA fue de 0,61 lo que demuestra el potencial dendrocronológico alta de la especie *Schizolobium parahyba* para realizar estudios en dendrocronología en el fundo “El Bosque” y en cualquier otra parte de la amazonia peruana.
- El incremento radial promedio, mínimo y máximo en diámetro de los troncos de la especie *Schizolobium parahyba* en el fundo “El Bosque” fue de 2,19; 1,46 y 3,29 cm/año respectivamente.
- En función a la relación de la cronología de la especie con el clima local, solo presentó una correlación negativa con la precipitación en el año anterior del mes de setiembre, después no muestra correlación positiva o negativa. Esto posiblemente es a la edad de los árboles porque son muy jóvenes.
- El análisis de la cronología con el fenómeno El Niño mostró una secuencia de sucesos donde tuvo una considerable disminución en el ancho de los anillos de crecimiento en los 09 árboles, primariamente en los años 2009 y 2015. Esa disminución es reflejada en una disminución de la tasa de crecimiento en esta población y está afín a los sucesos más severos del El Niño, sin embargo, es necesario un estudio de dendroclimatología de la especie.

## RECOMENDACIONES

De lo aprendido en la presente investigación, se sugiere que:

- Se debe contar con barrenos Presslers de diferentes longitudes, para poder colectar muestras de los árboles de mayores diámetros y no solo de los más jóvenes o de menor diámetro.
  
- Continuar con el método no destructivo para el estudio de otras especies forestales para evitar la tala.
  
- Con la información de los incrementos de *Schizolobium parahyba* se pueden calcular estimaciones en la producción de madera en plantaciones forestales con esta especie. Entendiendo que el crecimiento puede variar por ser un sistema artificial de crecimiento, sin embargo es una referencia importante a tomar en cuenta.
  
- Realizar el análisis del incremento medio anual de la especie *Schizolobium parahyba* para ver las posibles diferencias de crecimiento y tener mayor información para los análisis de las plantaciones forestales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, M.; Kikata, Y. (1994). Atlas de maderas del Perú. Lima, Perú: Publifor, 202 p.
- Campos, C. (2015). Determinación de propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de *Pinus maximinoi* H. E. Moore; Cobán, Alta Verapaz (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar, San Juan Chamelco, Guatemala.
- Alvarado, J. (2009). Dendrocronología de árboles de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Perú (tesis de maestría). Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.
- Callado, C., y Guimarães, R. (2010). Estudo dos anéis de crescimento de *Schizolobium parahyba* (Leguminosae: Caesalpinioideae) após episódio de mortalidade em Ilha Grande, Rio de Janeiro. *Bot*, 33(1), 85-91.
- Campos, L. (2009). Dendrocronología en árboles de Tornillo, *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Fabaceae), del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera en el noreste de la Amazonia, Región Loreto – Perú (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Cardozo, J., y Portal, L. (2014). Características Principales de 10 especies forestales de la región de Madre de Dios. ISBN: 2014-08751. 117 p.
- Cedisa (Centro de Desarrollo e Investigación de la Selva Alta), (2003). Propiedades físico - mecánicas de cinco especies maderables provenientes de bosques secundarios de Tarapoto. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 67 p.
- Juela, T. (2015). Caracterización de las Propiedades Físicas de la Madera de *Eucalyptus saligna* Smith en la Provincia de Loja (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

- Cronquist, A. (1988). The evolution and classification of flowering plants. 2ª ed. New York Botanical Garden, Bronx. 555p.
- Copant (Comisión Panamericana de Normas Técnicas). Maderas: Método para la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de las maderas angiospermas y dicotiledóneas: anteproyecto de Norma. COPANT 30: 1 – 019. Caracas, VE. 25 p, 1974.
- Fritts, C. (1976). Tree rings and Climate. Academic Press. Nueva York. 567 p.
- Fritts, H. (1996). Some Principles of Dendrochronology Illustrated with Graphics. Recuperada de <http://www.ltrr.arizona.edu/people/Hal/princ.htm>.
- Grissino-Mayer, H. (1996). Dendrochronology. Disponible en <http://www.sonic.net/bristlecone/dendro.html>.
- Grissino-Mayer, H. (1997). Principles of Dendrochronology. Recuperada de <http://www.ltrr.arizona.edu/people/henri/princip.htm>.
- Holmes, R., Adams, R., Fritts, H. Quality Crossdating and Measuring: a user's Manual for Program Cofecha (1986) In: Tree-ring chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Tucson: Arizona University. 15-35 p.
- Iawa, Committee. (1989). IAWA List of microscopic feature for hardwood identification. IAWA Bulletin, Leiden, 10(3), 219 - 332.
- Justiniano, M., Fredericksen, T., y Nash, D. (ED.). (2001). Ecología y Silvicultura de Especies Menos Conocidas – Serebó o Sombrerillo *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, Caesalpinaceae. Santa Cruz, Bolivia: Editora El País.
- Kaennel, M., y Schweingruber, F. (1995). Multilingual glossary of Dendrochronology. Terms and definitions in English, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP, Birmensdorf.

- Kalnay, E., y Coauthors, (1996): The NCEP/NCAR Reanalysis 40-year Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-471.
- Latorraca, J., De Souza, M., Da Silva, L., y Ramos, L. (2015). Dendrocronología de árboles de *schizolobium parahyba* (vell.) s. f. blake de ocorrência na rebio de tinguá-rj. *Viçosa-MG*, 39(2), 385-394. Recuperado de <http://www.dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000200018>.
- López, N., Ruales, G., Celi, H., y Jiménez, H. (2015). Trabajabilidad de madera *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake y diseño de un mueble prototipo con madera de pequeñas dimensiones. *Bosques latitud cero*, 15(24), 1390-3683.
- Martinez, L. (1996). A Guide to Dendrochronology for Educators. Recuperado de <http://www.ltrr.arizona.edu/people/henry/lorim/lori.htm>.
- McCarthy, B. (1998). Dendrochronology Seminar. P BIO-69 Dendrochronology Seminar 500 Server. Ohio University.
- Reynel, C., Pennington, R., Pennington, T., Flores, C., y Daza, A. (2003). Árboles útiles de la Amazonía peruana. Lima, PE, Darwin Initiative, ICRAF. 509 p.
- Rivera, C. (2013). Potencial Dendrocronológico de árboles de la Amazonia Colombiana (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonia, Leticia, Colombia.
- Rosero, J. (2011). Análisis Dendrocronológico de tres especies forestales del Bosque seco Ecuatorial Estacional (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Rodríguez, R. (2008). Curso de Dendrocronología Básica. Universidad Privada de Piura – Laboratorio de Dendrocronología. 44 p.
- Schipper, A. (2011). *Dendrocronología del cedro Cedrela odorata* L. (meliaceae) de la Amazonia Sur del Perú, la región Madre de Dios (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.

Tomazello, M., Botosso, P., y Lisi, C. (2001). Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: Maia, N.B.; Martos, H.L.

# ANEXOS

**ANEXO 1: DATOS DE TEMPERATURA DE LA ESTACIÓN  
METEOROLÓGICA PUERTO MALDONADO, EN EL PERIODO DE 2000 –  
2016**

TEMPERATURA °C												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2000	27,2	26,7	26,2	26,3	25,8	24,3	24,3	23,9	24,2	24,6	25,2	26,6
2001	26,4	26,3	27,1	26,9	26,2	25,6	24,6	23,9	24,1	24,4	25,5	26,4
2002	27,4	27,0	26,9	26,7	26,3	25,4	24,3	23,5	23,7	25,4	26,7	27,1
2003	27,3	27,4	27,0	27,1	26,3	25,1	25,1	24,9	23,9	24,7	26,0	26,4
2004	27,3	27,2	27,0	27,2	26,5	24,8	23,6	23,0	23,2	24,5	25,1	26,0
2005	26,9	26,9	27,8	27,4	26,5	24,6	24,0	23,5	23,7	24,2	25,2	26,4
2006	26,7	27,1	26,7	26,4	26,2	25,0	23,8	23,7	24,2	25,6	26,5	27,1
2007	27,4	28,0	27,1	27,0	26,1	25,4	24,2	23,6	24,2	24,6	25,8	26,5
2008	27,1	26,8	27,2	26,3	25,9	25,0	24,2	24,1	24,5	25,8	26,1	27,0
2009	27,4	27,2	27,6	27,4	26,9	25,6	24,0	23,4	24,3	25,2	26,5	27,4
2010	27,8	28,1	28,3	27,9	26,7	25,3	24,7	24,2	23,9	25,2	25,3	26,5
2011	26,8	27,0	27,4	26,5	25,8	24,3	23,9	23,8	24,9	25,4	26,5	27,5
2012	27,7	28,0	27,7	27,8	27,0	25,1	24,7	24,3	25,0	25,6	26,8	27,6
2013	27,5	28,0	28,2	27,3	26,2	25,4	25,0	24,3	25,0	25,4	26,8	27,8
2014	28,0	27,7	28,1	28,0	27,0	25,4	24,7	24,1	24,4	25,4	26,9	27,5
2015	28,1	27,6	28,3	28,0	27,6	26,4	24,9	24,3	24,4	25,7	26,4	27,4
2016	28,2	28,0	28,4	28,0	27,5	25,2	25,0	23,7	24,2	24,0	25,1	25,9

Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NCEP-NCAR Reanalysis).

**ANEXO 2: DATOS DE PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN  
METEOROLÓGICA PUERTO MALDONADO, EN EL PERIODO DE 2000 –  
2016.**

<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2000	8 724	17 332	12 699	10 422	5 364	5 666	8 333	4 218	3 498	3 751	4 946	7 253
2001	17 054	6 941	9 806	8 153	6 238	4 969	4 688	3 287	1 782	1 648	6 106	4 153
2002	8 420	9 008	15 550	10 699	11 680	8 105	2 964	2 431	2 962	5 114	7 607	8 359
2003	8 947	8 197	10 553	13 167	7 500	5 112	4 241	2 334	2 447	2 721	8 580	8 535
2004	8 427	9 224	7 875	9 954	11 490	6 657	4 534	2 780	3 153	1 211	4 369	2 693
2005	10 660	9 846	5 240	14 803	12 634	6 911	5 190	4 524	3 189	5 102	4 533	9 648
2006	9 024	8 824	8 728	9 189	2 095	4 551	3 899	2 860	3 056	3 498	5 056	11 072
2007	11 692	7 232	8 468	10 011	3 267	4 545	3 682	1 981	3 760	6 688	7 818	8 396
2008	8 238	13 424	7 095	5 763	2 986	4 078	4 363	3 497	4 372	5 515	6 644	8 483
2009	7 878	6 359	5 793	6 987	4 415	2 639	3 227	3 375	3 068	2 416	6 345	8 199
2010	4 853	7 154	6 503	8 788	6 924	2 752	2 573	5 680	3 443	2 831	3 260	7 344
2011	6 923	6 745	8 634	6 726	2 118	2 019	2 062	3 258	2 891	2 378	2 519	8 023
2012	10 643	12 927	7 855	7 171	5 772	2 470	3 508	3 379	3 173	3 469	4 918	12 867
2013	8 694	4 214	4 071	7 715	7 960	3 182	4 282	4 134	2 962	2 169	2 857	6 367
2014	6 727	11 287	6 649	8 245	5 332	5 524	3 348	2 764	1 778	2 749	8 700	2 880
2015	11 839	7 903	6 004	6 918	6 258	5 097	2 682	2 203	3 461	1 599	2 779	4 528
2016	10 165	6 054	4 517	5 313	5 270	5 355	4 055	2 954	2 687	1 233	1 095	2 342

Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NCEP-NCAR Reanalysis).

## ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO

### ➤ FASE DE CAMPO



Imagen 1: Ubicación de los árboles a ser muestreados.



Imagen 2: Codificación de los árboles.



Imagen 3: Codificado final de los árboles.



Imagen 4: Colecta del material con el Barreno.



Imagen 5: Barreno de incremento en el fuste del pashaco.



Imagen 6: Extracción de las muestras con el Barreno.



Imagen 7: Muestra del Pashaco Blanco.



Imagen 8: Codificación de las muestras en sorbete.

➤ FASE DE PEGADO



Imagen 9: Soporte de madera en donde serán acondicionadas las muestras de pashaco.



Imagen 10: Uso de cola para fijar las muestras del pashaco.



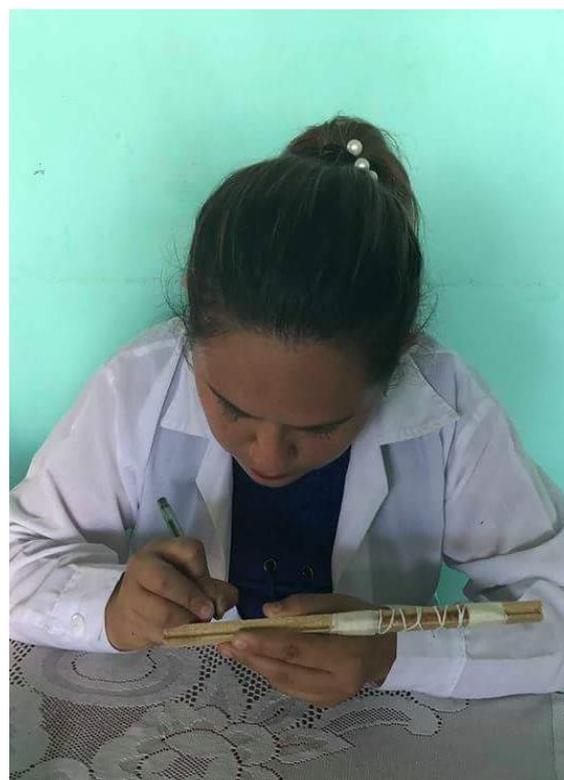
Imagen 11: Ubicación de las muestras de pashaco sobre el soporte de madera.



Imagen 12: Asegurando las muestras para que la presión sea constante durante el secado.



**Imagen 13:** Reforzando los extremos de las muestras dispuestos en el soporte de madera.



**Imagen 14:** Codificando el soporte de madera con su respectiva muestra.



**Imagen 15:** Termino del proceso de pegado de las muestras.



**Imagen 16:** Algunas muestras en proceso de secado de la cola.

➤ FASE DE LIJADO



Imagen 17: Equipos a ser utilizados durante el proceso de lijado.



Imagen 18: Acondicionamiento de los cuerpos de prueba.



Imagen 19: Inicio del proceso de lijado de las muestras de Pashaco.



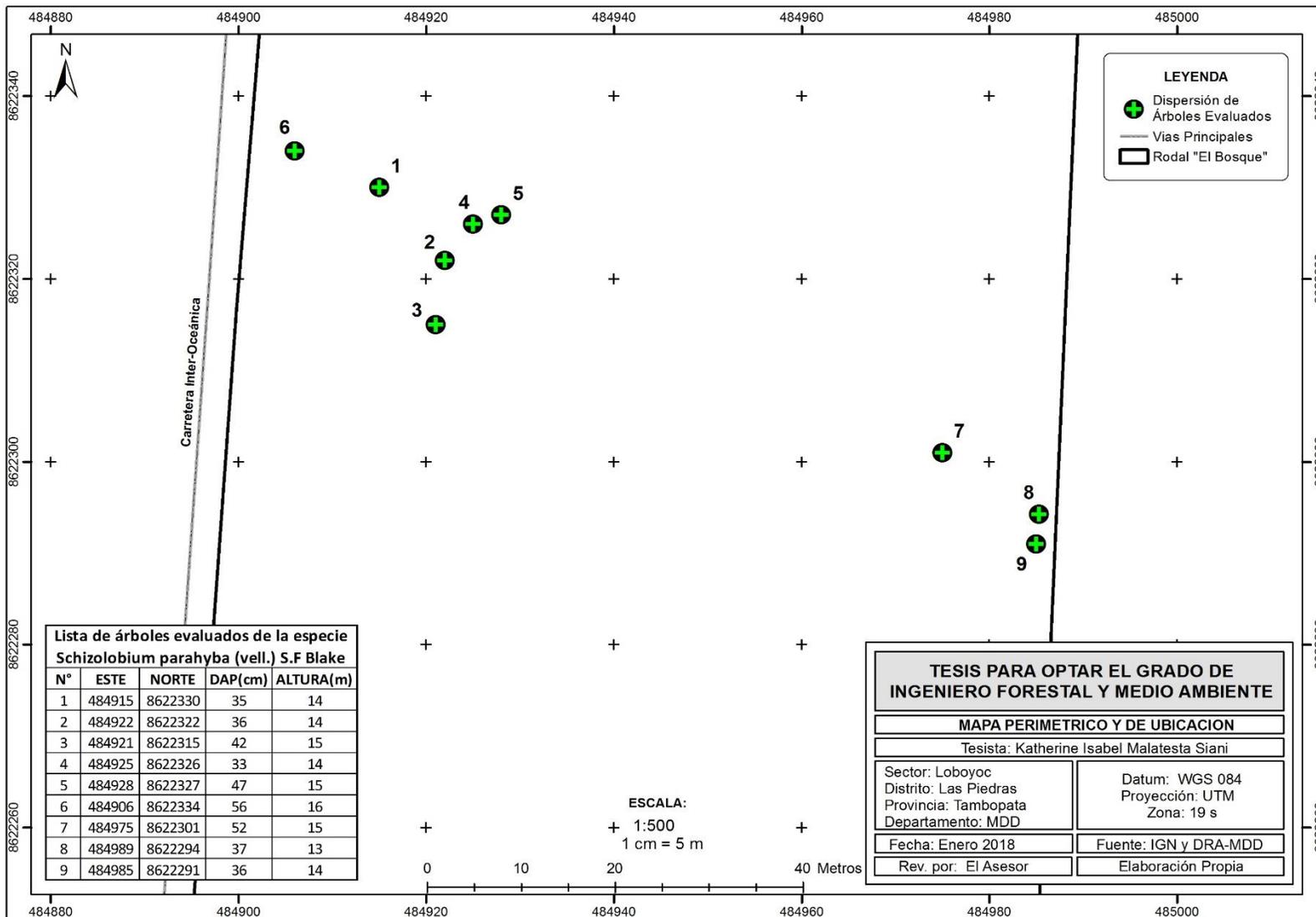
Imagen 20: Extracción del polvo de los vasos de Pashaco.

➤ MUESTRAS LISTAS PARA EL PROCESO DE CARACTERIZACIÓN



Imagen 21: probetas de madera en los soportes lijadas y pulidas de Pashaco Blanco.

### ANEXO 4: MAPA DE DISPERSIÓN DE ÁRBOLES EN EL FUNDO “EL BOSQUE”



Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 5: CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN DE *Schizolobium parahyba*

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"  
"Madre de Dios Capital de la Biodiversidad del Perú"

### CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMENES VEGETALES

El que suscribe, **Dr. HERNANDO HUGO DUEÑAS LINARES**, especialista en identificación taxonómica de especímenes y productos de flora y fauna silvestre con Certificado de Inscripción N° 028, Registro de Personas Naturales y Jurídicas Habilitadas para realizar Certificación de identificación Taxonómica de Especímenes y Productos de Flora y Fauna Silvestre; en el Ministerio de Agricultura, Dirección General de Forestal y Fauna Silvestre, Intendencia Forestal y de Fauna Silvestre.

**CERTIFICA**, que los especímenes (09) presentado por: la señora **Bachiller KATHERINE ISABEL MALATESTA SIANI**, en Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios; , para su identificación y/o determinación, para efectos de trabajo de investigación de tesis intitulado: "**Dendrocronología de *Schizolobium parahyba* (vell.) S.F. Blake de Bosques Secundarios del fundo El Bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – Tambopata – Madre de Dios**".

Corresponden al siguiente taxa aceptado oficialmente.

✓ *Schizolobium parahyba* (vell.) S.F. Blake      **FAMILIA FABACEAE**

De acuerdo a la descripción de sus características vegetativas y reproductivas, las que están registrada para la Flora de Perú: Departamento de Madre de Dios; en el Catálogo de Angiospermas y Gimnospermas del Perú de Lois Brako and James L. Zarucchi (1993), al APG IV (Angiosperm Phylogenetic Group, 2017) y en el Taxonomic Name Resolution Service v4.0 (2017). Se expide el presente certificado a solicitud de la interesada para los fines que considere conveniente. Se anexa al presente Certificado de Identificación los datos correspondientes a la especie en formato Excel.

Puerto Maldonado, 02 de Febrero de 2017.

**Dr. Hugo Dueñas Linares**  
ESPECIALISTA EN IDENTIFICACIÓN  
TAXONÓMICA DE FLORA SILVESTRE  
Código LIC-ES-2017-009

IDENTIFICACION TAXONOMICA DE ESPECIMENES VEGETALES  
PROYECTO DE TESIS DE INVESTIGACIÓN 2017

"Dendrocronología de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake de Bosques Secundarios del fundo El Bosque de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – Tambopata – Madre de Dios"

BACHILLER: KATHERINE ISABEL MALATESTA SIANI

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	COORDENADAS		HABITO	HABITAT	LOCALIDAD	Colector	Fecha Coll	ID	FECHA ID
1	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	"pashaco blanco"	FABACEAE	484915	8622330	Árbol	Bosque Terraza alta	Bosque El Fundo UNAMAD, distrito Las Piedras, Tambopata.	Katherine Malatesta	21/01/2017	HDL	02/02/2017
2	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	"pashaco blanco"	FABACEAE	484922	8622322	Árbol	Bosque terraza alta	Bosque El Fundo UNAMAD, distrito Las Piedras, Tambopata.	Katherine Malatesta	21/01/2017	HDL	02/02/2017
3	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	"pashaco blanco"	FABACEAE	484921	8622315	Árbol	Bosque terraza alta	Bosque El Fundo UNAMAD, distrito Las Piedras, Tambopata.	Katherine Malatesta	21/01/2017	HDL	02/02/2017
4	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	"pashaco blanco"	FABACEAE	484925	8622326	Árbol	Bosque terraza alta	Bosque El Fundo UNAMAD, distrito Las Piedras, Tambopata.	Katherine Malatesta	21/01/2017	HDL	02/02/2017
5	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	"pashaco blanco"	FABACEAE	484928	8622327	Árbol	Bosque terraza alta	Bosque El Fundo UNAMAD, distrito Las Piedras, Tambopata.	Katherine Malatesta	21/01/2017	HDL	02/02/2017
6	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	"pashaco blanco"	FABACEAE	484906	8622334	Árbol	Bosque terraza alta	Bosque El Fundo UNAMAD, distrito Las Piedras, Tambopata.	Katherine Malatesta	21/01/2017	HDL	02/02/2017
7	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	"pashaco blanco"	FABACEAE	484975	8622301	Árbol	Bosque terraza alta	Bosque El Fundo UNAMAD, distrito Las Piedras, Tambopata.	Katherine Malatesta	21/01/2017	HDL	02/02/2017
8	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	"pashaco blanco"	FABACEAE	484989	8622294	Árbol	Bosque terraza alta	Bosque El Fundo UNAMAD, distrito Las Piedras, Tambopata.	Katherine Malatesta	21/01/2017	HDL	02/02/2017
9	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	"pashaco blanco"	FABACEAE	484985	8622291	Árbol	Bosque terraza alta	Bosque El Fundo UNAMAD, distrito Las Piedras, Tambopata.	Katherine Malatesta	21/01/2017	HDL	02/02/2017

**Referencias:**

Vouchers colección KMS, 2017.  
Vouchers Herbario San Marcos (HSM), 2017  
Vouchers Herbario MOL, 2016  
Vouchers Herbario Gentry, UNAMAD, 2017  
APG IV, 2016  
Taxonomic Resolution Service v4.0, 2017.  
The Plant List, 2017  
Tropicos, Missouri Botanical Garden, 2017

Puerto Maldonado, 02 de Febrero de 2017

Dr. Hugo Dueñas Linares  
ESPECIALISTA EN IDENTIFICACIÓN  
TAXONÓMICA DE FLORA SILVESTRE  
Código LIC-ES-2017-009