

Madre de Dios Capital de la Biodiversidad  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE  
MADRE DE DIOS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO  
AMBIENTE



**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

Potencial dendrocronológico de la especie *Tachigali vasquezii* Pipoly y la relación con el cambio climático, en un bosque de terraza baja en el sur oriente del Perú

**INVESTIGADOR:**

M.Sc. Leif Armando, Portal Cahuana

**Madre de Dios - Perú**

**2019**

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar el potencial dendrocronológico de la especie *Tachigali vasquezii* Pipoly y relacionar con el cambio climático en el bosque de terraza baja en el sur oriente del Perú. Fue utilizado una especie arbórea nativa *T. vasquezii*, de ocurrencia natural en los bosque tropicales de Madre de Dios Perú. Fueron caracterizados los anillos de crecimiento, dendrocronología, serie master y la relación de la cronología con el fenómeno El Niño. Fueron utilizados nueve árboles, colectadas cuatro muestras radiales (series) del tronco de cada individuo, por el método no destructivo, utilizando una sonda Pressler. Las muestras pasaron por pulimiento para mejorar la visualización de los anillos de crecimiento y posteriormente medidos el ancho de los anillos. Para la sincronización del ancho de los anillos de crecimiento fue utilizado el programa estadístico COFECHA y para generar la serie master de la cronología fue utilizado el programa ARSTAN. La caracterización de los anillos de crecimiento la especie *T. vasquezii*, presenta anillos de crecimiento distintos a simple vista, demarcadas por zonas fibrosas. En el estudio de dendrocronológico, fue encontrado una intercorrelación de 0.28 y una sensibilidad de 0.672, fue construido la serie cronológica master de 1977 – 2015 años. En función con el clima la especie presentó respuestas comunes al fenómeno de El Niño. *T. vasquezii*, presenta potencial para estudios dendrocronológicos en la Amazonía de peruana.

**Palabra Clave:** Madera nativa, Antonia de la madera, Anillos de crecimiento.

## ABSTRACT

The objective of the work was to determine the potential of the species *Tachigali vasquezii* Pipoly and to relate with the climatic change in the forest of low terrace in the south east of Peru. A native tree species *T. vasquezii*, of natural occurrence in the Madre de Dios region of Peru, was used. Growth rings, dendrochronology, master series and the relationship of the chronology with the El Niño phenomenon were characterized. Nine trees were used, four radial samples (series) of the trunk of each individual were collected by the non-destructive method, using a Pressler probe. The samples were polished to improve the visualization of the growth rings and then measured the width of the rings. For the synchronization of the width of the growth rings, the statistical program COFECHA was used and the ARSTAN program was used to generate the master series of the chronology. In the study of the characterization of the rings of growth the *T. vasquezii* species presents rings of growth to the naked eye, demarcated by fibrous zones. In the dendrochronological study, an intercorrelation of 0.28 and a sensitivity of 0.672 were found, the master chronological series of 1977 - 2015 years was constructed. Depending on the climate, the species presented common responses to the El Niño phenomenon. *T. vasquezii*, presents potential for dendrochronological studies in the Peruvian Amazon.

Keywords: Native wood, Antonia de la madera, Growth rings.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Páginas
1. INTRODUCCIÓN .....	5
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
2.1 Descripción Del Problema.....	6
2.2 Formulación Del Problema.....	6
2.2.1 Problema General .....	6
2.2.2 Problemas Específicos .....	7
2.3 Justificación E Importancia.....	7
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	8
3.1. Objetivo General .....	8
3.2. Objetivos Específicos.....	8
3.3    HIPÓTESIS .....	8
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	8
4.1. Antecedentes .....	13
4.2. Bases Teóricas .....	16
5. MATERIAL Y MÉTODOS .....	17
5.1 Tipo de Estudio.....	17
5.2 Lugar de Estudio.....	17
5.3 Metodología y Procedimientos .....	17
5.4 Análisis de Datos.....	18
6. Resultados y discusión .....	19
7. CONCLUSIONES .....	23
8. recomendaciones .....	24
9. Referencias bibliográficas .....	25

## 1. INTRODUCCIÓN

El Fenómeno de El Niño, denominado como Oscilación del Pacífico Sur ENSO: Southern Oscillation (El Niño), que es el calentamiento de la superficie de las aguas del Pacífico, que genera cambios climáticos anómalos y que en el Perú este fenómeno ocurre con la reducción de la precipitación, que eventualmente puede ocurrir la ausencia de las lluvias en varios meses del año. Por otro lado, cuando la temperatura del mar es inferior en por lo menos un grado centígrado al promedio histórico durante tres meses consecutivos se produce el fenómeno climático La Niña, en el Perú este fenómeno es la condición contraria con el fenómeno de El Niño, con aumentos en la precipitación y el predominio de la lluvia en casi todos los meses del año. La variabilidad del clima anormal como las condiciones de sequía e inundaciones atípicos (fenómeno de El Niño y La Niña), pueden ser registrados en la marcación de los anillos de crecimiento de los árboles, mostrando características especiales en la madera, como anillos de crecimientos estrechos o anillos de crecimiento anchos. Estas características de los anillos de crecimiento sugieren que son buenos indicadores de la variabilidad atmosférica, como se ha comprobado en diferentes estudios de especies tropicales en el Perú (Rodríguez *et al.*, 1993; Córdova, 2003; Tomazello *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2005; López, 2005).

En este contexto la dendrocronología es una herramienta importante, rápida, práctica y económica, donde se puede trabajar con varios árboles de la misma especie y en áreas grandes de muestreo y se puede determinar entre otras cosas la edad de los árboles, el crecimiento medio anual, el crecimiento corriente anual, la determinación del diámetro mínimo de corta, y también la relación entre la cronología de las especies con el clima y con los fenómenos anormales como EL Niño y la Niña.

Existen estudios de dendrocronología en la región de Madre de Dios (Rosero, 2009; Huamán, 211; Schipper, 2011), pero que no han tenido como objetivo relacionar la cronología de las especies estudiadas con los fenómenos climáticos El Niño y La Niña. Por esta razón se formuló el siguiente objetivo: Determinar el potencial dendrocronológico de la especie *Tachigali vasquezii* Pipoly y relacionar con el cambio climático en un bosque de terraza baja en el sur oriente del Perú.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 Descripción Del Problema**

La dendrocronología es la ciencia que data los árboles utilizando los anillos de crecimiento anuales, examinando su estructura e investigando la información registrada en ellas, para la aplicación en aspectos ambientales e históricos.

La región de Madre de Dios, en la última década ha sufrido mudanzas en el clima, conllevando inundaciones casi anuales, perjudicando a las poblaciones que bien en las riberas de los ríos o centros poblados próximo a ellos. Sin embargo, también se ha registrado en esta década fuertes sequías, que han provocado grandes incendios, sobre todo en el eje carretero.

Existen actualmente pocos estudios científicos abordando este tema, y es preciso levantar información respecto a estos cambios climáticos. Es por ello que resulta relevante analizar esta temática y sentar las bases para que abra nuevos caminos de investigación de dendrocronología y el clima en la región de Madre de Dios.

### **2.2 Formulación Del Problema**

Desconocimiento del potencial dendrocronológico de la especie *T. vasquezii*, en la región de Madre de Dios, y cuál es la relación de la cronología con el fenómeno de El Niño.

#### **2.2.1 Problema General**

Existen especies forestales con potencial para plantaciones forestales en Madre de Dios, por presentar buena calidad de la madera, además de tener un incremento dimétrico importante en la producción de madera. Por otra parte, la región de Madre de Dios, no cuenta con programas de plantaciones forestales que ayuden a la producción de madera legal y también plantaciones que ayuden a la restauración de áreas impactadas y degradadas por la minería ilegal, para lo cual es importante tener una relación de especies con potencial para estas actividades.

Las concesiones forestales y el gobierno peruano, desconocen el potencial de la dendrocronología para aplicar al manejo forestal, por ejemplo, en la actualidad se utiliza las Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM), sin embargo, estas PPM, tiene pocos años de evaluación, pocas especies comerciales y son pequeñas, entonces es difícil determinar con ello

los diámetros mínimos de corte además de no ser reales, por no abarcar toda la vida de los árboles.

### **2.2.2 Problemas Específicos**

La madera de la especie *T. vasquezii*, en la región de Madre de Dios, no se utiliza, por el desconocimiento de sus propiedades tecnológicas por parte de la población y de los industriales. Se desperdicia esta especie y no se brinda un uso racional y adecuado.

### **2.3 Justificación E Importancia**

La presente investigación servirá determinar el potencial dendrocronológico de la especie *T. vasquezii*, y así poder a través de la especie la relación de crecimiento con el cambio climático en especial con el fenómeno El Niño. Demostrar si la especie es sensible a las mudanzas ambientales y que puede ser registrada en el xilema de los árboles. También se podrá tener el incremento anual de la especie y es posible con esta información poder utilizar o no la especie en plantaciones forestales.

Existe en los bosques tropicales nativos poca información aun de la dendrocronología y como su estudio puede ayudar al manejo sostenible de los bosques razón por la cual esta investigación aporta al conocimiento de las especies nativas del Perú.

Por otro lado, el Bosque de 400 hectáreas del Fundo el Bosque – UNAMAD, tiene que ser un centro de investigación donde se generar información científica que ayude en el entendimiento de los bosques tropicales y cuya información ayude al manejo forestal de nuestros bosques; razón por la cual se seleccionó este importante fragmento de bosque a pie de carretera y con solo 17 kilómetros de distancia, el cual se debe preservar.

### 3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 3.1. Objetivo General

- ✓ Determinar el potencial dendrocronológico de la especie *Tachigali vasquezii* Pipoly y relacionar con el cambio climático en un bosque de terraza baja en el sur oriente del Perú.

#### 3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar la estructura de los anillos de crecimiento de *Tachigali vasquezii* Pipoly
- ✓ Construir la cronología de la especie *Tachigali vasquezii* Pipoly.
- ✓ Comparar la cronología de la especie con el fenómeno de El Niño.

#### 3.3 HIPÓTESIS

La especie *Tachigali vasquezii* Pipoly, presenta potencial para estudios dendrocronológico en la amazonia de Madre de Dios.

### 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los primeros estudios de Dendrocronología en Perú fueron realizados por la Universidad de Piura “UDEP”, con la colaboración de la Universidad del Colorado “USA” y el Instituto Geofísico del Perú “IGP” en el final de la década de 80. Hasta el 2015 fueron realizadas investigaciones en los bosques costeros del Perú orientados a la relación con el clima y en especial con el fenómeno climático El Niño. El año 2007 el Pos Grado de la Universidad Nacional Agraria La Molina, realizo una invitación como profesor visitante al Dr. Mario Tomazello Filho de la Universidad de Sao Paulo; eso fue el punto importante en la dendrocronología del Perú donde no solo se incrementaron las publicaciones en esta área sino también las investigaciones fueron más para los bosques tropicales amazónicos. A continuación, las investigaciones en orden cronológico:

Schwyzer (1988). Realizo el primer estudio. “Análisis de crecimiento de árboles de *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh, *Chorisia* sp. *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm., y la especie *Cedrela* sp., en la Amazonía peruana. En la región Noroeste peruana, se inició en la Universidad de Piura (1987). Citado por Tomazello et al (2009).

Rodríguez et al. (1993). Estudiaron “Avances sobre estudios dendrocronológicos en la Región costera norte del Perú para obtener un registro pasado del fenómeno El Niño”. Se presentaron la dendrocronología de las especies *Capparis angulata*, *Loxopterigium buasango* y *Bursera graveolens*, mostrando los años secos y los años del fenómeno El Niño. *Capparis angulata* no presentó anillos de crecimiento completos. El crecimiento parece estar relacionado principalmente por las aguas del subsuelo. Sin embargo, presenta variaciones de crecimiento, generados por las estaciones climáticas y por los años lluviosos. En el año 1983 dejado marcas en sus anillos de crecimiento muy conspicuas y sin antecedentes. *Loxopterigium buasango* y *Bursera graveolens*, presentaron anillos de crecimiento completos, las dos especies crecen en montañas bajas, bien drenadas, y rodean las zonas planas del desierto.

Córdova, E. (2002). Investigo “Reconstrucción climática a partir del anillado de los árboles de la costa norte del Perú”. Estudio el Palo Santo (*Bursera graveolens*), la recolección de las muestras se realizó mediante un método no destructivo que permite, con un dispositivo especial, extraer una finísima muestra de la madera sin dañar el árbol. Luego, para el procesamiento se aplicaron técnicas estadísticas muy particulares, por ser el crecimiento de los árboles un fenómeno muy complejo. De esta manera, se logró elaborar una cronología que se extiende en el tiempo 54 años, donde se puede apreciar claramente la fidelidad en el registro de eventos ENOS. Los resultados obtenidos sientan las bases para estudios posteriores, a fin de generar un efecto replicador y lograr cronologías de mayor extensión en el tiempo que nos permitan desarrollar efectivamente modelos predictivos.

Rodríguez et al. (2005). Estudiaron “(El Niño) Eventos registrados en bosques secos de tierras bajas en el noroeste de Perú”. Concluyeron que la costa noroeste de Perú (51S, 801W) es muy sensible a e impactado por el fenómeno climático El Niño. Aunque desertar principalmente, esta región cálida y seca contiene un bosque seco ecuatorial. Informaron de los primeros estudios dendrocronológicas de esta región e identificar varias especies que tienen dendrocronológico potencial. Cronologías de anillos de ancho cortos de Palo Santo (*Bursera graveolens*) muestran una respuesta bien desarrollada para la Señal de ENSO en los últimos 50 años y una buena correlación entre sitios. Estudios isotópicos preliminares en Algarrobo (*Prosopis* sp.) también muestran evidencia de 1997-1998 El evento del Niño. ENSO tienen un fuerte efecto sobre la variabilidad en el crecimiento de varias especies y por ende en la economía de las comunidades rurales en las que se utiliza la madera para la vivienda, la cocina, muebles, herramientas, forraje

y usos medicinales. El amplio uso de la madera en los sitios arqueológicos también ofrece la posibilidad de última instancia para desarrollar registros más largos para algunas de estas especies.

López et al. (2005). Investigaron “Anatomía de la madera, descripción de los anillos anuales, y respuestas a los eventos ENSO de *Prosopis pallida* H.B.K., una planta leñosa extendido en tierras áridas y semiáridas de América Latina”. *Prosopis pallida* H.B.K. es una de las especies de árboles más económica y ecológicamente importantes en las tierras áridas y semi-áridas del continente americano. Secciones de *P. pallida* se utilizaron para describir su anatomía de la madera y para determinar si los anillos anuales eran visibles o no. Los resultados mostraron que *P. pallida* tiene bien diferenciado anillos anuales de crecimiento y por lo tanto es adecuado para estudios dendrocronológicos. Cronologías de anillos de árboles se correlacionan bien con los eventos de precipitación relacionados con fases El Niño Oscilación del Sur. Una cronología maestra para la zona norte del Perú se construyó con estos datos, y se discuten algunas derivaciones fisiológicas de la anatomía de la madera de *P. pallida*.

Campos Zumaeta, L. (2009), Realizo el estudio: “Dendrocronología en árboles de Tornillo *Cedrelinga catebiformis* Ducke (Fabaceae), del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera en el noreste de la Amazonia, Región Loreto – Perú”. Se constató la presencia de anillos distintos a simple vista, delimitados por las zonas fibrosas de coloración más oscura y por una disminución de la frecuencia de vasos, que posibilitó determinar la edad de la especie de 12 a 38 años. La variabilidad climática que más influenció en el incremento de los troncos de los árboles fue la precipitación pluviométrica, principalmente en el inicio de la estación lluviosa del año corriente (enero, abril y mayo) mostrando la especie un potencial para la reconstrucción del clima en la zona de estudio.

Rosero Alvarado, J. (2009), Realizo el estudio: “Dendrocronología de árboles de mingo, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocurrentes en los bosques tropicales amazónico del Departamento de Madre de Dios, Perú”. Mediante de la densitometría de rayos x fue determinado la variación radial de la densidad aparente de la caoba. Los anillos fueron demarcados por el parénquima marginal, son anulas y esto posibilitó la determinación de la edad de los árboles de 80 años a 122 años de edad y la construcción de la cronología. La precipitación fue la variable climática determinante para el crecimiento en diámetro del tronco es la precipitación de los meses previos

al crecimiento del inicio y del final de la estación lluviosa (junio-agosto, diciembre y marzo) presentando potencial para la reconstrucción del climáticas en la zona de estudio.

Melo Poblete, J. (2010). Estudio: “Dendrocronología de la especie *Pinus radiata* D.DON de plantaciones de la Granja Porcon Cajamarca”. Los resultados muestran correlación positiva de 0.432, esto demuestra que existe relación entre los anillos de los anillos de crecimiento y la precipitación media anual de la zona, esta fue la variable climática que influencia en el crecimiento del *Pinus radiata* de la Granja Porcon, La edad de los árboles de pino están correlacionadas al número de anillos de crecimiento existentes, formados anualmente en árbol de pino.

Schipper Guerovich, A. (2011). Realizo el estudio de: “Dendrocronología del Cedro *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) de la amazonia sur del Perú, La Región Madre de Dios”. Determino la edad técnica de corte de la especie que fue de 37 años; asimismo, la edad mínima de corte considerando el Diámetro mínimo de corte legal que correspondió a una edad de 126 años. Se modelo las diferentes intensidades de cosecha para *Cedrela odorata* L, en turnos de 20 años, viéndose que la más productiva a largo plazo, 100 años, es la cosecha con una intensidad del 90%, para cada ciclo, esta productividad es mayor en 30%, debido a la alta mortalidad de 2% año que se utilizó en el presente estudio. Se observó que el crecimiento radial de los troncos, está relacionado positivamente con la precipitación y negativamente con la temperatura en el final de la primavera y comienzo del verano. Las señales presentadas por las camadas de crecimiento de *Cedrela odorata* en respuesta a cambios climáticos como los ENOS, “el niño” demuestran la potencialidad dendroclimática del cedro en América del Sur.

Huamán Calderón, C. (2011). Estudio: “Dendrocronología de árboles de Azúcar Huayo (*Hymenaea courbaril* L.) en la región de Madre de Dios (Provincia de Tahuamanu) – Perú”. Obtuvo como resultados que: Uno de los factores limitantes en el crecimiento del árbol es la precipitación. La edad mínima de corte de los árboles de *Hymenaea courbaril*, es de 80 años, considerando como diámetro mínimo de corte 51cm. En un ciclo de corta de 20 años, el bosque del Consolidado Otorongo no recupera el 100% del número de individuos por hectárea talados durante el aprovechamiento forestal.

Rosero Alvarado, J. (2011), Investigo: “Análisis Dendrocronológico de tres especies forestales del Bosque seco Ecuatorial Estacional”. La densitometría de rayos x posibilitó determinar la densidad aparente de las especies. Los anillos de crecimiento fueron demarcados por zonas fibrosas y presentaron anualidad y posibilitaron la determinación de la edad, para las especies Palo santo “*Bursera graveolens*” (59 años) y Hualtaco “*Loxopterigyum huasango*” (47 años) y la construcción de cronologías para los periodos 1947-2005 y periodos 1953-2006 respectivamente. La tasa de crecimiento encontradas en *Bursera graveolens* fue de 0.31 a 0.67 cm/año, en *Loxopterigyum huasango*, fue de 0.44 a 0.72cm/año. La precipitación anual es la variable climática determinante para el crecimiento en diámetro de los árboles en Lambayeque. De otra forma, *Capparis scabrada* no presentó potencial para estudios dendrocronológicos en la zona de estudio, debido a sus características anatómicas de la madera, que presenta y a la alta variación de su perfil densitométrico no diferenciando el anillo tanto visual como por densitometría.

Becerra Montalvo, V. (2011). Estudio: “Determinación del turno de corta de *Cedrela odorata* L., *Retrophyllum rospigliosii* Pilger y *Prumnopitys harmsiana* Pilger a través del estudio dendrocronológico en la región Cajamarca - Perú”. Se estableció como turnos de corta la edad de 113 años para el cedro (*Cedrela odorata* L), 109 años para el romerillo macho (*Retrophyllum rospigliosii* Pilger) y 121 años para el romerillo hembra (*Prumnopitys harmsiana* Pilger), también se analizó posibles ciclos de corta, estableciéndose que el ciclo de corta de 20 años de duración sería el más apropiado para el manejo forestal sostenible de las especies romerillo macho (*Retrophyllum rospigliosii* Pilger) y cedro (*Cedrela odorata* L); sin embargo para la especie romerillo hembra (*Prumnopitys harmsiana* Pilger) no fue posible determinar un ciclo de corta dado que esta especie no contaba con regeneración natural en los bosques evaluados, por lo que se recomendó su conservación.

Zúñiga Carrillo, Cl. (2012). Investigo: “Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de *Tectona grandis* L.f. procedente del Fundo Génova – Junín”. Se determinó la influencia de las variables climáticas en la formación del ancho de los anillos de crecimiento, se encontró que la edad de los árboles de teca es de 25 años; la variable climática que influyó es la precipitación y esta influyó en el crecimiento del tronco de los árboles de teca, principalmente al inicio de la estación de lluvias (Diciembre – Febrero); por lo que la especie *Tectona grandis*, es potencial para estudios dendrocronológicos en reconstrucciones del clima.

Beltrán & Valencia (2012). Investigaron “Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central, Perú”. Los resultados fueron: El 30% de las 80 especies forestales que estudiaron presentaron buen potencial para investigaciones en dendrocronología en el Perú. Mayormente las camadas de crecimiento de estas especies, están demarcados por zonas fibrosas. Los problemas que se pudo detectar, se puede mencionar la presencia de anillos de crecimiento de difícil visualización, la existencia de anillos de crecimiento de forma irregulares y la presencia de parénquima en bandas.

Pereyra et al. (2014). Investigaron “Potencial de *Cedrela odorata* (Meliaceae) para estudios dendrocronológicos en la selva central del Perú”. Encontraron que el crecimiento de cedro, está vinculado a la precipitación, en la época lluviosa previa y con las de finales de la época seca del corriente período de crecimiento. Por otro lado, se observó una estrecha relación entre el crecimiento de los árboles y las precipitaciones totales, considerando el ciclo hidrológico de diciembre a setiembre, para el periodo 1990 al 2009. Los resultados señalan que la influencia de las precipitaciones en el crecimiento radial de *Cedrela odorata*. La buena discriminación de los anillos anuales, la fuerte relación con la precipitación, el amplio rango de distribución y la longevidad de los árboles, hacen que la especie cedro tenga un potencial para estudios dendroclimatológicos y dendroecológicos en los bosques tropicales y subtropicales de América.

#### **4.1. Antecedentes**

En la región MAP “Madre de Dios-Perú, Acre-Brasil y Pando-Bolivia”, se han realizado estudios de dendrocronología que a continuación se detalla:

##### **En Acre-Brasil:**

Lobão, 2011, realizo su tesis de doctorado intitulado: “Dendrocronologia, fenología, actividad cambial y calidad del leño de árboles de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. y *Shizolobium parahyba* var *amazonicum* Hub. Ex Ducke, en el estado de Acre, Brasil”. Se verifico que la fenología de los árboles de las especies estudiadas es regulada por la precipitación en el mes corriente o dos meses anteriores. Se observó que la formación de los anillos de crecimiento de los árboles de esas especies es regulada por la evapotranspiración, y por las fenofases de caída y brotación de las hojas

en las diferentes estaciones del año, indicando que poseen potencial para estudios paleoclimáticos. El análisis de densitometría de rayos X y la anatomía del leño mostro ser posible separar secciones del leño juvenil y adulto en el sentido radial del tronco de los árboles. Hubo diferencia significativa en el ritmo de crecimiento del troco de los arboles entre las especies, sitios y micrositos. Hay gran potencial del uso de la dendrocronología aliada al uso de parcelas permanente de muestreo para la definición del ciclo de corte de los árboles de esas especies.

### **En Madre de Dios-Perú:**

Rosero Alvarado, J. (2009), Realizo el estudio: “Dendrocronología de árboles de mingo, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocurrentes en los bosques tropicales amazónico del Departamento de Madre de Dios, Perú”. Mediante de la densitometría de rayos x fue determinado la variación radial de la densidad aparente de la caoba. Los anillos fueron demarcados por el parénquima marginal, son anulas y esto posibilito la determinación de la edad de los árboles de 80 años a 122 años de edad y la construcción de la cronología. La precipitación fue la variable climática determinante para el crecimiento en diámetro del tronco es la precipitación de los meses previos al crecimiento del inicio y del final de la estación lluviosa (junio-agosto, diciembre y marzo) presentando potencial para la reconstrucción del climáticas en la zona de estudio.

Schipper Guerovich, A. (2011). Realizo el estudio de: “Dendrocronología del Cedro *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) de la amazonia sur del Perú, La Región Madre de Dios”. Determino la edad técnica de corte de la especie que fue de 37 años; asimismo, la edad mínima de corte considerando el Diámetro mínimo de corte legal que correspondió a una edad de 126 años. Se modelo las diferentes intensidades de cosecha para *Cedrela odorata* L, en turnos de 20 años, viéndose que la más productiva a largo plazo, 100 años, es la cosecha con una intensidad del 90%, para cada ciclo, esta productividad es mayor en 30%, debido a la alta mortalidad de 2% año que se utilizó en el presente estudio. Se observó que el crecimiento radial de los troncos, está relacionado positivamente con la precipitación y negativamente con la temperatura en el final de la primavera y comienzo del verano. Las señales presentadas por las camadas de crecimiento de *Cedrela odorata* en respuesta a cambios climáticos como los ENOS, “el niño” demuestran la potencialidad dendroclimática del cedro en América del Sur.

Huamán Calderón, C. (2011). Estudio: “Dendrocronología de árboles de Azúcar Huayo (*Hymenaea courbaril*L.) en la región de Madre de Dios (Provincia de Tahuamanu) – Perú”. Obtuvo como resultados que: Uno de los factores limitantes en el crecimiento del árbol es la precipitación. La edad mínima de corte de los árboles de *Hymenaea courbaril*, es de 80 años, considerando como diámetro mínimo de corte 51cm. En un ciclo de corta de 20 años, el bosque del Consolidado Otorongo no recupera el 100% del número de individuos por hectárea talados durante el aprovechamiento forestal.

### **En Pando - Bolivia:**

Brienen & Zuidema, 2005, realizaron la investigación intitulada “Relación del crecimiento de los árboles con las lluvias en la selva tropical boliviana”. Los resultados del análisis clima-análisis de crecimiento muestran una relación positiva entre el crecimiento radial de los árboles y las precipitaciones en ciertos periodos del año, lo que indica que las lluvias juegan un papel importante en el crecimiento de los árboles. Tres especies mostraron una fuerte relación con la lluvia al comienzo de la estación lluviosa, mientras que las otras más sensibles a la precipitación al final de la temporada de crecimiento. Estos resultados demuestran claramente que el análisis de los anillos de crecimiento de los arboles puede aplicarse a los bosques tropicales y que es un método prometedor en la investigación.

Brienen & Zuidema, 2006, realizaron un estudio intitulado “El uso de los anillos de los árboles en el manejo de los bosques tropicales: Proyectando la madera de cuatro especies bolivianas”. Utilizando el análisis de los anillos de crecimiento, calcularon las estimativas de edad de los árboles cosechados y la distribución del tamaño de los árboles de cultivo potencial para la próxima cosecha. Los rendimientos de la próxima cosecha se estimaron proyectando el crecimiento interno de los árboles a tamaños de cosecha durante un ciclo de corte de 20 años, utilizando los datos de crecimiento obtenidos, análisis de los anillos de árboles. Esto se realizó de dos maneras: Mirando hacia adelante el crecimiento proyectado a 20 años basados en la densidad de árboles por debajo del tamaño mínimo de corte (análisis prospectivo), y mirando hacia atrás usando la densidad de los árboles por encima de la cosecha para calcular su tamaño hace 20 años (análisis retrospectivo).

#### **4.2. Bases Teóricas**

El estudio de la dendrocronología se basa en principios y reglas científicas, al igual que otras ciencias. Dichos principios y reglas tienen sus orígenes en 1785, donde se describió el principio de la uniformidad y en 1987, se describe el principio de agregación de factores ambientales (Grissino – Mayer, 1996; Tomazello Filho et al., 2001). Otros principios son: de los Factores Limitantes, de Amplitud Ecológica, de la datación cruzado “Crossdating”, de selección de sitio, de replicación y sensibilidad; algunos principios son exclusivos a la dendrocronología y otros comunes a diferentes disciplinas (León y Espinoza de Pernia 2001; Tomazello Filho et al., 2001).

## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.1 Tipo de Estudio

El presente estudio dendrocronológico es de tipo correlacional, puesto que se relacionan dos variables (año y ancho de anillos de crecimiento).

### 5.2 Lugar de Estudio

La fase de campo fue realizada en el fundo El Bosque de la Universidad Nacional de Madre de Dios “UNAMAD”, que está situada en el margen derecho de la carretera Puerto Maldonado – Iñapari km 16.5 y presenta un área de aproximadamente 450 hectáreas de bosque descremado.

La Fase de Laboratorio fue realizado en la Planta Piloto de Tecnología de la Madera “UNAMAD”, ubicado en el mismo lugar del fundo EL Bosque.

### 5.3 Metodología y Procedimientos

Las muestras para realización de este estudio fueron obtenidas de individuos creciendo naturalmente en “El Bosque”, que está situada en el margen derecho de la carretera Puerto Maldonado – Iñapari km 16.5 y presenta un área de aproximadamente 450 hectáreas de bosque descremado. Fueron seleccionados 09 árboles de la especie *T. vasquezii*, considerándose aspectos fitosanitarios. Todos los individuos fueron georreferenciados y los datos dendrométricos medidos (altura y diámetro). Con el auxilio de un de un barreno Pressler (5.1 x 400 mm; diámetro x largo), fueron retirados cuatro muestras radiales de cada árbol en el sentido corteza – médula, a través de una incisión en el tronco a 1.30 m a la altura del pecho. Las muestras fueron secadas en temperatura ambiente y pulidas en la sección transversal en una secuencia de lijas (entre 80-1200 granos/cm<sup>2</sup>), para destacar los anillos de crecimiento.

La caracterización anatómica de los anillos de crecimiento fue realizada empleando el microscopio estereoscopio utilizando las consideraciones de IAWA Comittee (1999). Posteriormente se escaneó las muestras a una resolución de 1200 dpi en un scanner EPSON modelo V700. Para el análisis dendrocronológico, fueron utilizados 09 árboles de la especie *T. vasquezii*, siendo para cada árbol analizados cuatro radios (series).

## **5.4 Análisis de Datos**

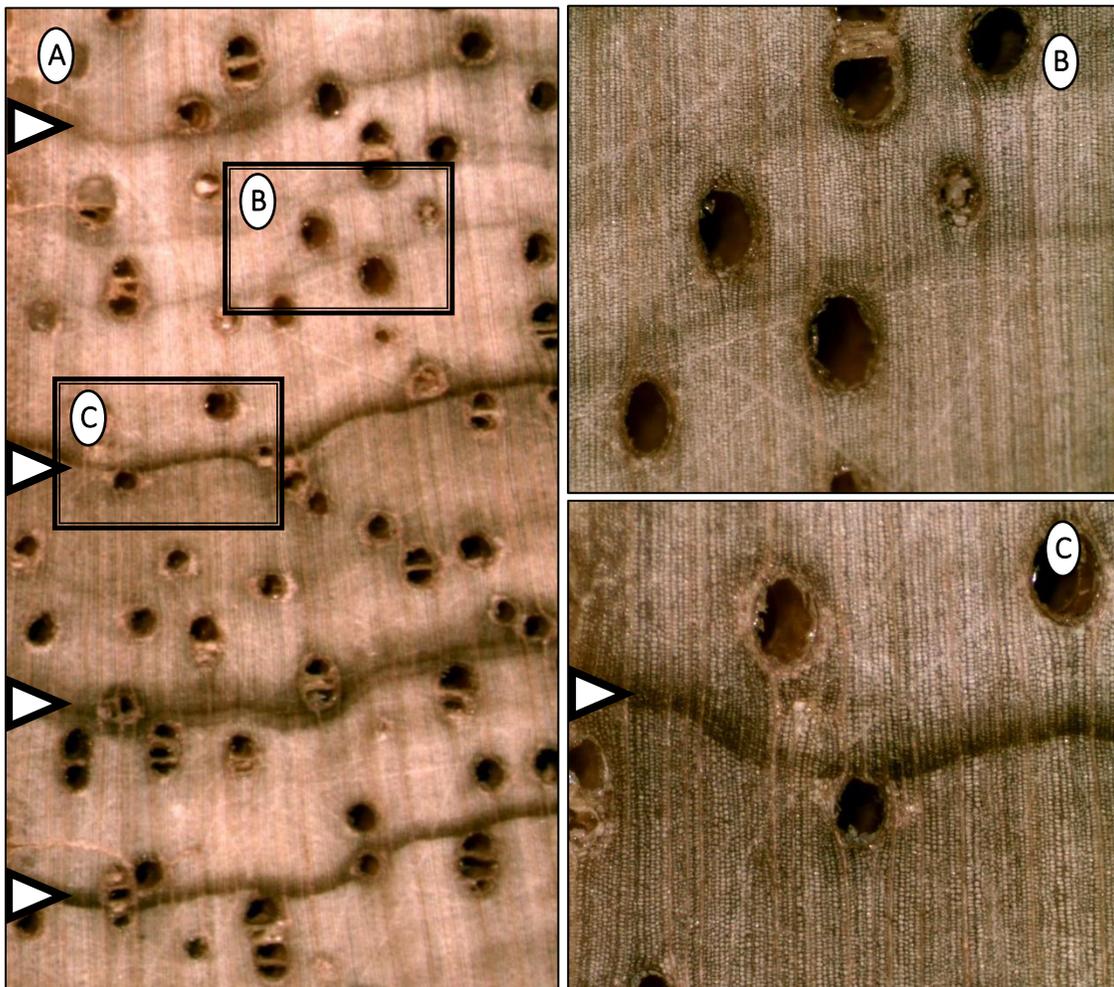
Para la medición del ancho de las capas de crecimiento de todas las series, fue utilizado el software de análisis de Imagens, Pro – Plus (Copyright © 1993-2001 Media Cybernetics, Inc.). Los datos del ancho de las capas de crecimiento fueron interpretados por el programa estadística COFECHA (Versión 6.00p). Para elaborar la cronología, fue utilizado el programa ARSTAN (MRWE Application Framework Copyright © 1997-2004), (HOLMES et al., 1986).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### CARACTERIZACIÓN DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO

El leño de los árboles de *T. vasquezii* Pipoly, caracterizados anatómicamente en su sección transversal, evidencian anillos de crecimiento distintos. El límite de las capas de crecimiento es caracterizado por la variación de la densidad que se da por la presencia de zonas fibrosas, con el achatamiento radial de las fibras y mayor espesamiento de sus paredes, y una menor frecuencia de vasos, presentando por esto una coloración oscura. En función a los anillos de crecimiento falsos presenta una marcación mucho más tenue que los anillos verdaderos y son discontinuos (Figura 01).

Las observaciones de los anillos de crecimiento de los árboles de *T. vasquezii*, presentaron variaciones caracterizado por secuencia de capas anchos y estrechos, dentro de un mismo árbol, esto como consecuencia de tener un factor limitante en su proceso de crecimiento. Por lo tanto *T. vasquezii*, es sensible a las condiciones locales de crecimiento, así como climáticas. Los anillos de crecimiento de la especie presentan un potencial para estudios dendrocronológicos ya que el proceso de datación cruzada es más fácil cuando mayor es la variación del ancho de los anillos de crecimiento (Fritts, 1976; Schwiengruber, 1996; Lisi et al. 2008; Tomazello Filho, Botosso, Lisi et al., 2001; Botosso, et al., 2001; Rosero, 2009, Campos 2009).



**Figura 01:** Límites de anillos de crecimiento de *T. vasquezii*. **(A)** El ancho de los anillos vario considerablemente en la sección transversal. Anillos de crecimientos falsos demarcados por **(B)** trechos discontinuos e tenues de zonas fibrosas. En cuanto los anillos son caracterizados por **(C)** la variación de la densidad (zonas fibrosas). Los límites de los anillos son indicados por fechas.

La demarcación de los anillos de crecimiento de *T. vasquezii*, por zonas fibrosas, también fue encontrado por Brienen y Zuidema 2005, que encontraron la delimitación de los anillos por variación de la densidad que es originado por las zonas fibrosas.

## DENDROCRONOLOGÍA

Primero se realizó el *crossdating* de los radios de cada árbol y después entre los árboles de la misma especie. Bajo *crossdating* fue encontrado para *T. vasquezii*, la intercorrelación de la especie fue de 0.283, presentando esta especie una clasificación del potencial dendrocronológico bajo (+-).

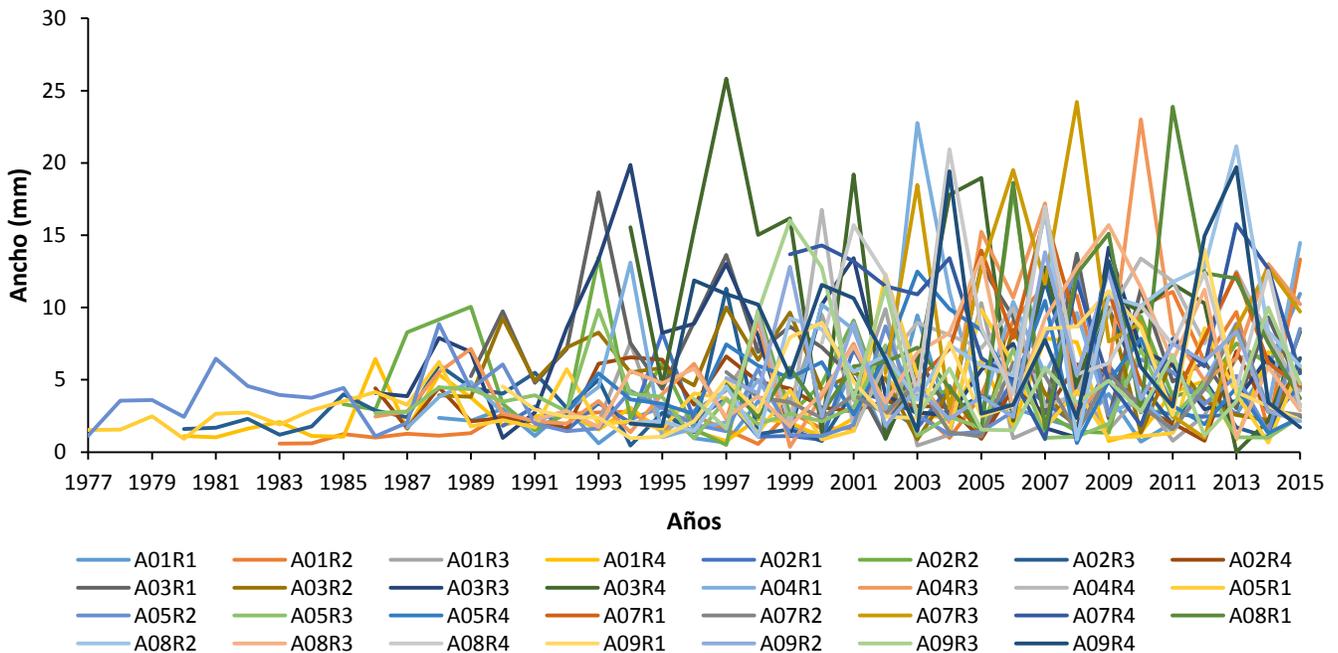
Estudios dendrocronológicos con *T. vasquezii*, en la amazonia de Bolivia por Brienen y Zuidema 2005, encontraron que, la intercorrelación encontrada fue de 0.18 y el máximo número de anillos observados (edad) fue de 35, estos resultados comparados con el presente estudio muestran que se consiguió una mayor intercorrelación de 0.283 y en función al máximo número de anillos observados (edad) fue de 38.

Como el nivel de intercorrelación no supero lo establecido por el programa COFECHA, de 0.32, los datos encontrados de la cronología y edad máxima para la especie son referenciales, al igual que la serie master y la relación del crecimiento de los árboles con el fenómeno El Niño.

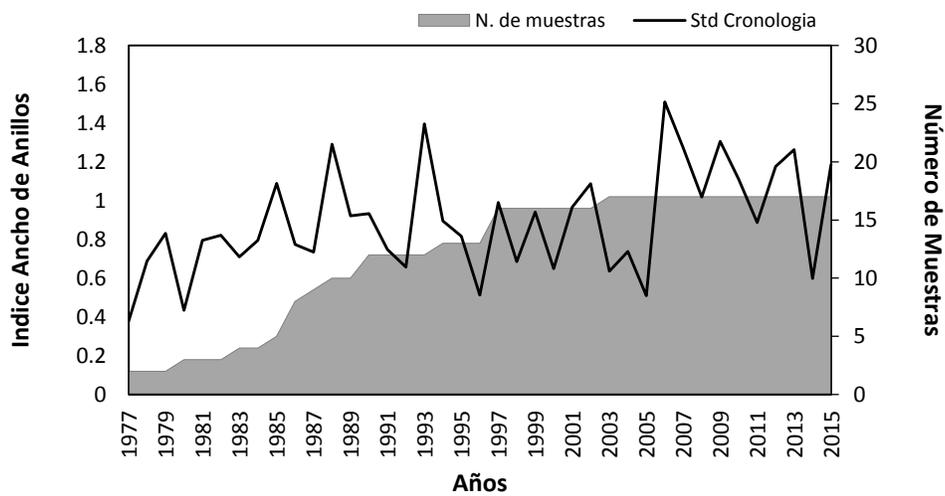
**Tabla 01:** Información de la cronología del ancho de los anillos de crecimiento de las tres especies de la familia Lauraceae.

Especie	Nº de árboles	Nº de radios	Promedio de intercorrelación	Promedio de sensibilidad	Cronología (intervalo)	Edad máxima	Potencial Dendrocronológico
<i>Tachigali vasquezii</i>	09	36	0.283	0.672	1977-2015	38	+ -

La serie de ancho de anillos de crecimiento de *T. vasquezii*. Figura 01, constituidas con muestras de 09 árboles, colectadas en enero del 2017, muestra tendencias de similaridad en los años 1988, 1993, 1997, 2007 2013, en pequeños trechos de los valores de ancho de anillos de crecimiento. Si las muestras hubieran tenido mayor intercorrelación se podría observar en la Figura XX, mayor similaridad.



**Figura 02:** Serie de los anillos de crecimiento de los árboles de *Tachigali vasquezii*.

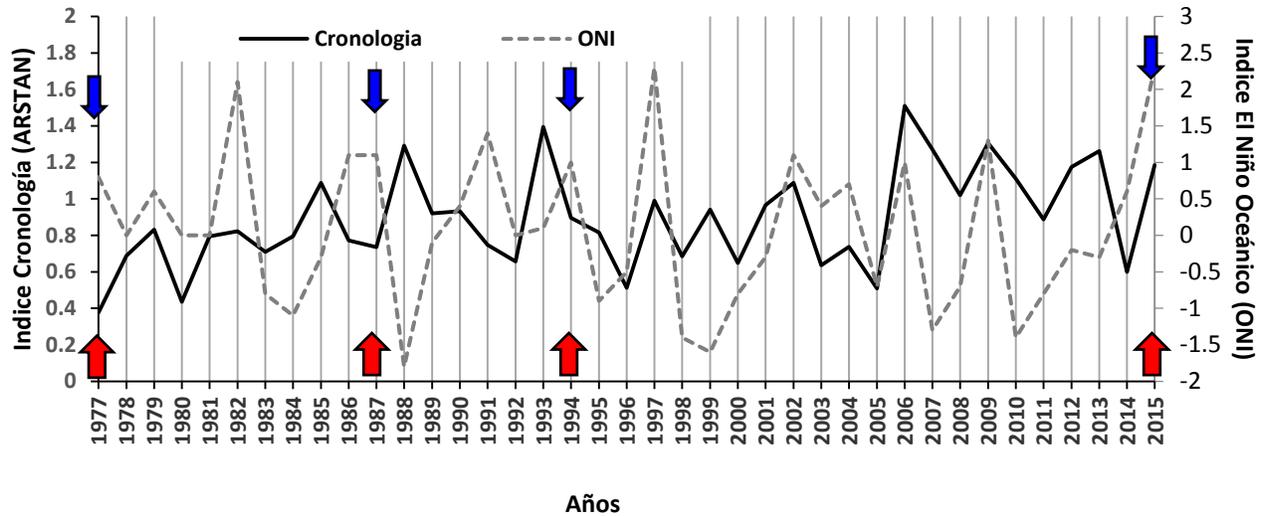


**Figura 03:** Serie cronológica master de los índices de los anchos de los anillos de crecimiento de la especie *T. vasquezii*, con el número de muestras de las especies.

En la figura 03, pese a que la intercorrelación fue menor a 0.32, se construyó la serie cronológica master para la especie *T. vasquezii*, donde se puede apreciar una cronología de 38 años (1977 – 2015), donde se tiene menor número de muestras de mayor edad y por el contrario mayor número de muestras de menor edad.

## CRONOLOGÍA Y EL FENÓMENO EL NIÑO

Con la cronología obtenida de la especie *T. vasquezii*, se pudo observar una secuencia de episodios donde hubo una disminución considerable en el ancho de los anillos de crecimiento de todos los árboles, principalmente los años: 1977, 1987, 1994 y 2015 (Figura 04). Esa reducción refleja una baja tasa de crecimiento en esta población y puede estar relacionada a los eventos más severos de El Niño. El Índice de El Niño Oceánico (ONI) del trimestre (noviembre, diciembre y enero) fue correlacionado positivamente ( $r= 0.017$ ), con el ancho de los anillos de crecimiento.



**Figura 04:** Relación entre el ancho de los anillos de crecimiento de *Tachigali vasquezii*, (línea negra) y el evento 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).

## 7. CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que:

1. Los anillos de crecimiento de *Tachigali vasquezii*, presentó anillos visibles demarcados por zonas fibrosas y si bien presenta anillos falsos de coloración más tenue se puede afirmar que en función a su anatomía *T. vasquezii*, presenta potencial para estudios dendrocronológicos en la Amazonía de peruana.
2. El análisis dendrocronológico mostro que los nueve árboles de *T. vasquezii*, presentaron una intercorrelación entre los árboles de 0.283, que se encuentra por debajo a lo establecido por el programa COFECHA de 0.32, que puede estar en función al número de árboles seleccionados.
3. Los árboles de *T. vasquezii*, presentaron edades variando de 13 a 38 años, logrando la construcción de una cronología de 1977 – 2015.
4. Pese a que la intercorelación no alcanzo el valor de 0.32, la cronología de la especie presenta respuestas comunes al fenómeno de El Niño.

## 8. RECOMENDACIONES

Para futuros estudios con *T. vasquezii*, es necesario realizar una colecta de más de nueve árboles que ayuden a superar la intercorrelación de los árboles.

Por otro lado, en la medida de las posibilidades de los futuros estudios, se recomienda coleccionar rodajas de madera para tener una visualización completa de la sección transversal de la especie e intercalar con muestras no destructivas proporcionalmente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BECERRA, V. Determinación del turno de corta de *Cedrela odorata*, *Retrophyllum rospigliosii* pilger y *Prumnopitys harmsiana* a través del estudio dendrocronológico en la región Cajamarca-Perú. Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 115 p, 2011.
- BELTRÁN, L & VALENCIA, G. Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para dendrocronología em la Selva Central, Perú. *Rev. Biol. Trop.* 1025-1037. 13p, 2012.
- BOTOSO, P.; TOMAZELLO FILHO, M. 2001. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Org.). *Indicadores ambientais: conceitos e aplicações*. São Paulo: EDUC. p. 145-171.
- BRIENEN, R.; ZUIDEMA, P. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rainforests: a test for six species using tree ring analysis. *Oecologia*, cidade, v.146: 1–12, 2005.
- BRIENEN, R.; ZUIDEMA, P. The use of tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian Tree species. *Forest Ecology and management*. 226 (2006) 256-267, 2006.
- CAMPOS, L. Dendrocronología en árboles de tornillo *Cedrelinga cateniformis*, del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera en el noreste de la Amazonia, región Loreto-Perú. Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 143 p, 2009.
- CÓRDOVA, E.I. Reconstrucción climática a partir del anillado de los árboles de la costa norte del Perú. 2003. 143 p. Tesis (Graduación en Ingeniería Industrial) - Universidad de Piura, Piura, 2003.
- LEÓN, W. Y ESPINOZA DE PERNÍA, N. Anatomía de la madera. Universidad de los Andes. Consejo de Publicaciones. Merida – Venezuela. 2001. 397 p.
- LISI, C. S. ; TOMAZELLO FILHO, M. ; BOTOSO, P. C. ; ROIG, F. A. ; MARIA, V. B. R. ; FERREIRA-FEDELE, L. ; VOIGT, A. R. A. 2008. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. *IAWA Journal*, 29, p. 189-207.
- LOBÃO, M. Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. E *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. Ex Ducke, no estado do Acre, Brasil. 2011.
- LÓPEZ, B. C., SABATÉ, S., GRACIA, C. A., & RODRÍGUEZ, R. (2005). Wood anatomy, description of annual rings, and responses to ENSO events of *Prosopis pallida* H.B.K., a wide-spread woody plant of arid and semi-arid lands of Latin America. *Journal of Arid Environments*, 61(4), 541-554. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.10.008>

HOLMES, R.L.; ADAMS, R.K.; FRITTS, H.C. Quality control of crossdating and measuring: a user's manual for program COFECHA. In: \_\_\_\_\_. Tree-ring chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Tucson: Arizona University. 15-35 p, 1986.

HUAMÁN, C. Dendrocronología de árboles de azúcar huayo (*Hymenaea courbaril* L.) em la Región de Madre de Dios Tahuamanu-Perú. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria de la Molina, Lima. 123p, 2011.

GRISSINO-MAYER, H. Dendrochronology. Disponible em <http://www.sonic.net/bristlecone/dendro.html>. 1996.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS COMMITTEE. List of microscopic feature for hardwood identification. IAWA Bulletin, Leiden. v.10, n.3, p. 219 – 332, 1999.

MARTÍNEZ, L. A Guide to Dendrochronology for Educators. Disponible em <http://www.ltrr.arizona.edu/people/henry/lorim/lori.htm>. 1996.

MCCARTHY, B. Dendrochronology Seminar. PBIO-69 Dendrochronology Seminar 500 Server. Ohio University. 1998.

MELO, P. “Dendrocronología de la especie *Pinus radiata* d. Don de plantaciones de la granja Porcon Cajamarca”. Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 147p, 2010.

KAENNEL, M. & F. SCHWEINGRUBER. 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. 1995.

FRITTS, H.C. Tree rings and climate. 1976. New York: Academic Press. 567 p.

PEREYRA, M., INGA, G., SANTOS, M & RODRÍGUEZ R. “Potencialidad de *Cedrela odorata* (Meliaceae) para estudios dendrocronológicos en la selva central del Perú”. Rev. Biol. Trop. 783-793. 12p, 2014.

RODRIGUEZ, R., A. MABRES, G. LUCKMAN, M. EVANS, M. MASIOKAS & T. M. EKTVEDT. “El Niño” events recorded in dry-forests species of the lowlands of northwest Peru. Dendrochronologia 22: 181-186, 2005.

RODRIGUEZ, R., R. WOODMAN, B. BALSLEY, A. MABRES & R. PHIPPS. Avances sobre estudios dendrocronológicos en la región costera del Perú para obtener un registro pasado del fenómeno El Niño. Instituto Francés de Estudios Andinos 22(1): 267-281, 1993.

ROSETO, J. Dendrocronología de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na Floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Perú. Tesis (Mag. Sc). Piracicaba: ESALQ/USP, BR, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 131 p, 2009.

ROSERO, J. “Análisis Dendrocronológico de tres especies forestales del Bosque seco Ecuatorial Estacional”. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal - Facultad de Ciencias Forestales. UNALM. Lima. Perú. 124 p, 2011.

SCHIPPER, A. “Dendrocronología del cedro *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) de la amazonia sur del Perú, la región Madre de Dios”. Tesis (Maestria), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 166 p, 2011.

SCHWEINGRUBER, F. 1996. Tree Rings and Environment Dendrocronology. Paul Haupt Publishers Berne. Stuttgart.

SCHWYZER, A. Anillos de crecimiento en cuatro árboles tropicales de Jenaro Herrera, Loreto, Perú. Boletín de Lima 58: 83-86, 1988.

TOMAZELLO FILHO, M; Roig, F.; Zevallos, P. A. Dendrocronología y dendroecología tropical: Marco histórico y experiencias exitosas en los países de América Latina. Ecología en Bolivia, 44(2):73-82, 2009.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, C. Potencialidade da família Meliaceae para estudos dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais In: ROIG, F.A. (Comp.). Dendrocronología en América Latina. Mendoza: Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo, 2000. p. 381-434.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.; 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.; BARRELLA, W. (Org). Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC, COMPED, INEP. p. 117- 143.

ZÚÑIGA, Cl. “Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de *Tectona grandis* L.f. procedente del Fundo Génova – Junín”. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 95 p, 2012.

## Anexo 01: Colecta de muestra:



Figura 02: Determinando la profundidad de a coleccionar la muestra.



Figura 03: Tipo de raíz característico de la especie.



Figura 04: Georreferenciando la ubicación de los árboles.



Figura 05: Perforando el árbol para la obtención de las muestras.



Figura 06: Obtención de las muestras de 1 cm de diámetro.



Figura 07: Guardando las muestras en soporte de plástico.