

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



**CRECIMIENTO DE *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake EN
PLANTACIONES AGROFORESTALES MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS
ANILLOS DE CRECIMIENTO**

**TESIS PRESENTADOR POR:
Bachiller: MONTESINOS FERRO,
Soledad**

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

**ASESOR: ING. M.Sc. VÁSQUEZ
ZAVALETA, Telésforo**

**CO-ASESOR: ING. M.Sc. CHAMBI
LEGOAS, Roger**

PUERTO MALDONADO, 2017

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



**CRECIMIENTO DE *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake EN
PLANTACIONES AGROFORESTALES MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS
ANILLOS DE CRECIMIENTO**

**TESIS PRESENTADOR POR:
Bachiller: MONTESINOS FERRO,
Soledad**

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

**ASESOR: ING. M.Sc. VÁSQUEZ
ZVALETA, Telésforo**

**CO-ASESOR: ING. M.Sc. CHAMBI
LEGOAS, Roger**

PUERTO MALDONADO, 2017

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mis padres, Edgar Montesinos Pareja y Nieves Ferro Ynca, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Mi hermano, Saúl Aarón Montesinos Ferro, por estar conmigo y apoyarme siempre, te quiero mucho.

A ellos este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido ser.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Jehová por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

De igual manera agradecer al **M.Sc Telésforo Vásquez Zavaleta**, mi asesor de Investigación y de Tesis de Grado.

Al **M.Sc. Roger Chambi Legoas** por su apoyo durante esta larga trayectoria permitirme encaminar la presente investigación y transmitirme sus conocimientos sobre el tema.

A mi Gran compañero **Roberto Félix Fernández Zavaleta**, por el apoyo en todo el transcurso de la investigación.

A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades.

A todas las personas que de alguna u otra manera contribuyeron con el desarrollo de la presente Investigación.

Y los amigos que me ayudaron dándome siempre palabras de aliento en el transcurso de la tesis.

Y finalmente un eterno agradecimiento a mi prestigiosa Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios la cual abrió abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de investigación fue desarrollado como parte de los requisitos para la obtención del título profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente, pero también como aporte para la silvicultura de *Schizolobium parahyba* en plantaciones agroforestales. Así, mediante este estudio, se buscó conocer la tasa de crecimiento secundario de *Schizolobium parahyba* para evaluar su potencialidad en la instalación de plantaciones con fines comerciales.

Confiamos en que la información obtenida pueda ser utilizada como herramienta en el desarrollo de la silvicultura de esta especie en Madre de Dios, así como guía para el desarrollo de más estudios en otras especies forestales de rápido crecimiento, puesto que el análisis de los anillos de crecimiento ha demostrado ser de utilidad práctica para la reconstrucción del crecimiento de los árboles.

RESUMEN

El presente estudio tuvo por objetivo determinar la tasa de crecimiento de árboles de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake de 5 y 7 años de edad, creciendo en plantaciones agroforestales, situadas en los distritos de Tambopata e Inambari, departamento de Madre de Dios. En cada área se muestrearon 14 árboles, extrayéndose 2 muestras radiales por cada árbol. Las muestras fueron lijadas y escaneadas para la medición del ancho de los anillos de crecimiento, y construcción de series cronológicas previamente validadas con el software COFECHA. Las series fueron correlacionadas con datos climáticos para determinar la influencia de la precipitación y temperatura mensual en el crecimiento secundario de los árboles. Además, con estos datos se construyeron las curvas de incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA) del área basal, determinándose el turno silvicultural de *Schizolobium parahyba* en plantaciones agroforestales.

Los resultados mostraron que, los árboles alcanzan el máximo valor de incremento corriente anual del área basal (entre 75,79 cm² y 105,45 cm²) en el 3° y 4° año de crecimiento. El incremento medio anual del área basal alcanzó valores máximos en el 7° año, entre 60,64 cm² año⁻¹ y 84,20 cm² año⁻¹, por tanto *Schizolobium parahyba* tiene un turno silvicultural de 7 años.

La precipitación y temperatura mensual tuvieron altas correlaciones con el incremento radial de los árboles, sin embargo sólo la temperatura influyó significativamente en el crecimiento de *Schizolobium parahyba*, con disminución de la tasa de crecimiento a mayor temperatura, en los meses de febrero, marzo, abril y julio.

Palabras claves: Anillos de crecimiento, incremento medio anual, incremento corriente anual, área basal, turno silvicultural.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the growth rate of *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, 5 and 7 years old, growing in agroforestry plantations, located in the districts of Tambopata and Inambari, Madre de Dios department. In each area, 14 trees were sampled, 2 radial samples were extracted per tree. The samples were sanded and scanned to measure the width of the growth rings, and construction of chronological series previously validated with the COFECHA software. The series were correlated with climatic data to determine the influence of monthly rainfall and temperature on secondary tree growth. In addition, using these data, the curves of annual increment (ICA) and annual mean increment (IMA) of the basal area were constructed, and also, the rotation age of *Schizolobium parahyba* was determined.

The results showed that the trees reach the maximum value of annual current increment of the basal area (between 75.79 cm² and 105.45 cm²) in the 3rd and 4th growth year. The average annual increase of the basal area reached maximum values at 7th year, between 60.64 cm² yr⁻¹ and 84.20 cm² yr⁻¹, therefore *Schizolobium parahyba* has a rotation age of 7 years.

The precipitation and monthly temperature had high correlations with the radial increase of the trees, however only the temperature affect significantly the growth of *Schizolobium parahyba*, showing a decrease in the growth rate at a higher temperature in the months of February, March, April and July.

Key words: Growth rings, mean annual increment, annual current increment, basal area, rotation age.

INTRODUCCIÓN

En la Amazonía, la actividad forestal está influenciada por diversos factores que determinan la cantidad y calidad del producto a obtener, entre estos factores es la variabilidad genética del material vegetal y la calidad del sitio son factores que repercuten en el crecimiento y la productividad de un bosque o plantación forestal.

La nueva ley forestal y de fauna silvestre Ley N° 29763 y su reglamento, así como la Política Forestal Nacional, está promoviendo la instalación de plantaciones forestales comerciales, para asegurar el abastecimiento de madera, incremento del aporte del sector forestal al PBI, recuperación de áreas degradadas, y reducción de la presión en los bosques naturales. En Madre de Dios las plantaciones forestales de especies nativas de rápido crecimiento todavía no han sido instaladas en grandes extensiones; sin embargo en esta región se han desarrollado algunos emprendimientos: productores forestales y agricultores han instalado reducidas plantaciones con especies de rápido crecimiento como *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, entre otras especies, asociados con cultivos anuales y perennes en sistemas agroforestales. Sin embargo poco se conoce acerca del crecimiento de esta especie instalada en sistemas agroforestales en Madre de Dios, y por tanto el conocimiento del incremento medio anual "IMA" e incremento corriente anual "ICA" permitiría realizar predicciones precisas sobre la productividad esperada de plantaciones con esta especie, ayudando a los planes de negocios de personas que están invirtiendo en esta actividad así como aquellos que pretender hacerlo.

El Perú dentro de la Nueva Ley Forestal y de Fauna Silvestre Ley N° 29763 y dentro de la Política Nacional Forestal al 2021, iniciará un agresivo programa de Reforestación con fines comerciales para abastecimiento de madera y productos derivados al mercado local, nacional e internacional. Dentro de este contexto información del crecimiento de especies forestales de rápido crecimiento se hacen necesarias para adecuar las prácticas silviculturales visando aumentar la productividad de especies promisorias para establecimiento de plantaciones comerciales.

La variabilidad climática y tipo de suelo en diferentes sitios de la Amazonía pueden influenciar en el desarrollo de las especies, por tanto diferencias en la tasa de crecimiento y su relación con las variables climáticas y características edáficas pueden presentarse (Binkley, Stape y Ryan 2004; Stape et al. 2010). De esta forma las investigaciones deben apuntar a estudiar el comportamiento de la especie en diferentes sitios. Particularmente en Madre de Dios informaciones de este tipo son inexistentes o indisponibles para la comunidad académica-científica y para el usuario.

Contar con estudios de este tipo contribuiría para el desarrollo y/o mejora de técnicas silviculturales que mejorarían la productividad de las plantaciones con estas especies, y abrirían un mayor panorama para la promoción de reforestación a gran escala mediante inversión privada.

En Madre de Dios, aún no se han instalado extensas plantaciones de especies nativas de rápido crecimiento, en comparación con otras regiones como San Martín, Junín y Ucayali; los principales emprendimientos forestales son realizados por pequeños productores, que han instalado pequeñas áreas de plantación de algunas especies nativas como *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake. Debido a la naturaleza de pequeños emprendimientos, no se han realizado estudios sobre el crecimiento y la productividad en estas plantaciones. Por tanto este estudio se justifica por la necesidad de reunir información confiable siguiendo el método científico para conocer la tasa de crecimiento y la productividad de las diferentes áreas de plantaciones con esta especie en el Departamento de Madre de Dios, para generar modelos de productividad y rendimiento, de manera sirvan como herramienta en el planeamiento para los reforestadores, permitiéndoles predecir con buena fiabilidad la producción al final del ciclo de corta, asimismo como base para la mejora de las prácticas silviculturales en sistemas agroforestales.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	5
PRESENTACIÓN.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.1. Descripción del problema.....	11
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Objetivos.....	12
1.4. Variables.....	13
1.5. Operacionalización de variables.....	14
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	18
2.1. Antecedentes de estudio.....	18
2.2. Marco teórico.....	22
2.3. Definición de términos.....	29
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.1. Tipo de estudio.....	31
3.2. Diseño del estudio.....	31
3.3. Población y muestra.....	32
3.4. Métodos y técnicas.....	33
3.5. Tratamiento de los datos.....	41
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	42
CONCLUSIONES.....	63
SUGERENCIAS.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anillos de crecimiento de <i>Schizolobium parahyba</i>	29
Figura 2. Ubicación de las áreas de estudio, región Madre de Dios.....	34
Figura 3. Área “Gran Chaparral”, Sector Víctor Raúl Haya de la Torre....	35
Figura 4. Área “Ollanta”, Sector Ollanta.....	35
Figura 5. Medición del DAP en la línea y entre línea.....	36
Figura 6. Medición de la altura total y altura comercial.....	36
Figura 7. Técnica de extracción de muestras radiales con el barreno de Pressler.....	37
Figura 8. (a) Secado de las muestras, (b) Colado de las muestras, (c) Muestras colocadas en el soporte, (d) Puliendo muestras, (e) Muestras pulidas, (f) Escaneando muestras	38
Figura 9. Muestras radiales de árboles de <i>Schizolobium parahyba</i> del sector Víctor Raúl Haya de la Torre (A y B) y del sector Ollanta (C y D). Las flechas negras indican los límites de los anillos de crecimiento.....	42
Figura 10. Detalle del límite de un anillo de crecimiento de <i>Schizolobium parahyba</i>	42
Figura 11. Incremento medio anual (IMA) del área basal ($\text{cm}^2 \text{año}^{-1}$) por árbol, en los sectores Víctor Haya de la Torre (superior) y Ollanta (inferior).....	45
Figura 12. Incremento corriente anual (ICA) del área basal (cm^2) por árbol, en los sectores Víctor Haya de la Torre (superior) y Ollanta (inferior).....	46
Figura 13. Rendimiento promedio del área basal (cm^2) por árbol, en los sectores Víctor Haya de la Torre (superior) y Ollanta (inferior).....	48
Figura 14. Comparación del incremento corriente anual (ICA) del área basal entre los sectores Víctor Raúl Haya de la Torre y Ollanta, por edad.....	52
Figura 15. Comparación del incremento medio anual (IMA) del área basal entre los sectores Víctor Raúl Haya de la Torre y Ollanta, por edad.....	53
Figura 16. Rendimiento (mm), Incremento corriente anual (ICA) (mm), e Incremento medio anual (IMA) (mm/año).en el sector Ollanta.....	54

Figura 17. Precipitación mensual acumulada (mm) y temperatura media (°C), registrados en la estación meteorológica Puerto Maldonado.....	57
Figura 18. Series cronológicas de los anillos de crecimiento de <i>Schizolobium parahyba</i> , en el sector Víctor Raúl Haya de la Torre (superior) y en sector Ollanta (inferior).....	58
Figura 19. Coeficiente de correlación de Pearson entre la temperatura y el ancho de los anillos de crecimiento (superior), y entre la precipitación y el ancho de los anillos de crecimiento (inferior), de <i>Schizolobium parahyba</i> en el sector Víctor Raúl Haya de la Torre.....	59
Figura 20. Coeficiente de correlación de Pearson entre la temperatura y el ancho de los anillos de crecimiento (superior), y entre la precipitación y el ancho de los anillos de crecimiento (inferior), de <i>Schizolobium parahyba</i> en el sector Ollanta.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables del estudio.....	14
Tabla 2. Coordenadas UTM WGS 84 L19-S de las áreas de estudio.....	33
Tabla 3. Muestras por clase diamétrica (cm).....	37
Tabla 4. Resultados globales de la validación de las series de crecimiento de los árboles de <i>Schizolobium parahyba</i> en el sector Víctor Raúl Haya de la Torre.....	43
Tabla 5. Resultados globales de la validación de las series de crecimiento de los árboles de <i>Schizolobium parahyba</i> en el sector Ollanta.....	44
Tabla 6. Promedios (prom), desviación estándar (DE), valores mínimos (mín) y máximos (máx) del incremento corriente anual, incremento medio anual y rendimiento, por sector	49
Tabla 7. Incremento medio anual (IMA) máximo, promedio y mínimo del área basal (AB), en $\text{cm}^2 \text{ año}^{-1}$, desviación estándar (DE) en $\text{cm}^2 \text{ año}^{-1}$, edad de los árboles, diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio en	

cm, y número de árboles evaluados, por sector.....	50
Tabla 8. Comparación del incremento medio anual del área basal (cm^2 año ⁻¹) e incremento corriente anual del área basal (cm^2) de <i>Schizolobium parahyba</i> , entre los sectores evaluados.....	51

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

En la Amazonía, la actividad forestal está influenciada por diversos factores que determinan la cantidad y calidad del producto a obtener, entre estos factores es la variabilidad genética del material vegetal y la calidad del sitio son factores que repercuten en el crecimiento y la productividad de un bosque o plantación forestal.

La nueva ley forestal y de fauna silvestre Ley N° 29 763 y su reglamento, así como la Política Forestal Nacional, está promoviendo la instalación de plantaciones forestales comerciales, para asegurar el abastecimiento de madera, incremento del aporte del sector forestal al PBI, recuperación de áreas degradadas, y reducción de la presión al bosque natural. En Madre de Dios las plantaciones forestales de especies nativas de rápido crecimiento todavía no han sido instaladas en grandes extensiones; sin embargo en esta región se han desarrollado algunos emprendimientos: Pequeños productores forestales y agricultores han instalado reducidas plantaciones con especies de rápido crecimiento como *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, entre otras especies, asociados con cultivos anuales y perennes en sistemas agroforestales. El conocimiento del (incremento medio anual "IMA" e incremento corriente anual "ICA") y su productividad permitiría realizar predicciones precisas sobre el rendimiento esperado de las plantaciones con esta especie, ayudando a los planes de las personas que están invirtiendo en esta actividad así como aquellos que pretender hacerlo.

En este contexto, información publicada de rigurosidad científica sobre la tasa de crecimiento y producción en plantaciones con especie *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, no han sido publicadas, existe un vacío de información en este asunto; constituyéndose en un problema que merece ser solucionado con prontitud por la Universidad, como parte de la extensión y transferencia tecnológica hacia la sociedad.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo es el crecimiento de *Schizolobium parahyba* en plantaciones agroforestales de Madre de Dios?, y específicamente responder a: ¿Cuánto es el incremento corriente anual del área basal de *Schizolobium parahyba* en plantaciones agroforestales de Madre de Dios?, ¿Cuánto es el incremento medio anual del área basal de *Schizolobium parahyba* en plantaciones agroforestales de Madre de Dios?, ¿Cómo afecta la precipitación y temperatura en el crecimiento *Schizolobium parahyba* en plantaciones agroforestales de Madre de Dios?

1.3. Objetivos:

Objetivo General

Evaluar el crecimiento de “Pashaco” *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake en plantaciones agroforestales en el departamento de Madre de Dios, a partir de la medición de los anillos de crecimiento.

Objetivos Específicos

Determinar el incremento medio anual (IMA) del área basal de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, en plantaciones agroforestales.

Determinar el incremento corriente anual (ICA) del área basal de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake en plantaciones agroforestales

Determinar la edad de rotación de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake en plantaciones agroforestales.

Determinar la influencia del clima en el crecimiento de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake en plantaciones agroforestales.

1.4. Variables

Variables independientes:

Edad de los árboles (años): Es la edad de los árboles muestreados determinado mediante el conteo de los anillos de crecimiento.

Incremento radial del tronco (cm): Es la longitud entre el límite de dos anillos de crecimiento, medida en dirección paralela a los radios del leño, es decir el ancho del anillo de crecimiento.

Clima: Conformado por datos mensuales promedios de la precipitación (mm) y temperatura (°C), registrada en la estación meteorológica Puerto Maldonado.

Variables dependientes:

Incremento corriente anual del diámetro (cm): Es el incremento del diámetro en un año específico, determinado mediante la suma del ancho de anillos de crecimiento, formado en el año correspondiente, de las dos muestras radiales extraídas de un árbol.

Incremento corriente anual del área basal (ICA) (cm²): Es el incremento del área basal en un año específico, determinado a partir del incremento corriente anual del diámetro.

Incremento medio anual del área basal (IMA) (cm² año⁻¹): Es el incremento acumulado del área basal dividido por la edad del árbol.

Edad de rotación (años): Es la edad óptima para el aprovechamiento de los árboles, que coincide con el año en el que se intersectan las curvas de ICA e IMA.

1.5. Operacionalización de variables

En la Tabla 1 se muestra la operacionalización de las variables identificadas.

Tabla 1. Variables del estudio

Objetivos específicos	Variables		Indicadores
Determinar el incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA) de área basal de <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake.	Independiente	Incremento radial del tronco (cm)	Ancho del anillo de crecimiento.
		Edad de los árboles	Número de anillos de crecimiento
	Dependiente	Incremento corriente anual del diámetro (cm)	Sumatoria del ancho de los anillos de crecimiento de las dos muestras radiales de un árbol
		Incremento corriente anual (ICA) del área basal (cm ²)	Incremento del área basal en un año específico
Determinar el edad de rotación de <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake en plantaciones agroforestales.	Independiente	Incremento corriente anual (ICA) del área basal (cm ²)	Incremento del área basal en un año específico
		Incremento medio anual (IMA) del área basal (cm ² año ⁻¹)	Razón del incremento corriente anual del área basal con la edad de los árboles
		Edad de los árboles	Número de anillos de crecimiento
	Dependiente	Edad de rotación	Punto de intersección de la curva de ICA e IMA
Determinar la influencia del clima en el crecimiento de <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake en plantaciones forestales	Independiente	Clima	Precipitación mensual (mm)
			Temperatura mensual (°C)
		Incremento radial del tronco (cm)	Ancho del anillo de crecimiento
	Edad de los árboles	Número de anillos de crecimiento	
Dependiente	Coeficiente de correlación entre el incremento radial y los registros mensuales de precipitación y temperatura	Coeficiente de correlación (r)	

1.6. Hipótesis:

Hipótesis general

El crecimiento de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake en plantaciones agroforestales es estimado con precisión mediante el análisis de los anillos de crecimiento.

Hipótesis Específicas

H1: El incremento medio anual del área basal puede determinarse con precisión en los árboles de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake que forman anillos de crecimiento distinguibles.

H2: El incremento corriente anual del área basal puede determinarse con precisión en los árboles de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake que forman anillos de crecimiento distinguibles.

H3: La edad de rotación de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake en plantaciones agroforestales es de 5 años.

H4: El crecimiento de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake en plantaciones agroforestales es influenciado por la precipitación.

1.7. Justificación

El Perú dentro de la Nueva Ley Forestal y de Fauna Silvestre Ley N° 29763 y dentro de la Política Nacional Forestal al 2021, iniciará un agresivo programa de Reforestación con fines comerciales para abastecimiento de madera y productos derivados al mercado local, nacional e internacional. Dentro de este contexto información del crecimiento de especies forestales de rápido crecimiento se hacen necesarias para adecuar las prácticas silviculturales visando aumentar la productividad de especies promisorias para establecimiento de plantaciones comerciales.

La variabilidad climática y tipo de suelo en diferentes sitios de la Amazonía pueden influenciar en el desarrollo de las especies, por tanto diferencias en la tasa de crecimiento y su relación con las variables climáticas y características edáficas pueden presentarse (Binkley, Stape y Ryan 2004; Stape et al. 2010). De esta forma las investigaciones deben apuntar a estudiar el comportamiento de la especie en diferentes sitios. Particularmente en Madre de Dios informaciones de este tipo son inexistentes o indisponibles para la comunidad académica-científica y para el usuario.

Contar con estudios de este tipo contribuiría para el desarrollo y/o mejora de técnicas silviculturales que mejorarían la productividad de las plantaciones con estas especies, y abrirían un mayor panorama para la promoción de reforestación a gran escala mediante inversión privada.

En Madre de Dios, aún no se han instalado extensas plantaciones de especies nativas de rápido crecimiento, en comparación con otras regiones como San Martín, Junín y Ucayali; los principales emprendimientos forestales son realizados por pequeños productores, que han instalado pequeñas áreas de plantación de algunas especies nativas como *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake. Debido a la naturaleza de pequeños emprendimientos, no se han realizado estudios sobre el crecimiento y la productividad en estas plantaciones. Por tanto este estudio se justifica por la necesidad de reunir información confiable siguiendo el método científico para conocer la tasa de crecimiento y la productividad de las diferentes áreas de plantaciones con esta especie en el Departamento de Madre de Dios, para generar modelos de productividad y rendimiento, de manera sirvan como herramienta en el planeamiento para los reforestadores, permitiéndoles predecir con buena fiabilidad la producción al final del ciclo de corta, asimismo como base para la mejora de las prácticas silviculturales en sistemas agroforestales.

1.8. Consideraciones éticas

La ejecución de la investigación no asumió ningún riesgo para el Tesista y colaboradores. La extracción de muestras fueron realizadas siguiendo el método no destructivo (sin dañar los árboles) para no afectar el desarrollo de los árboles.

Por otro lado, durante todo el periodo de levantamiento de datos de campo y extracción de muestra, los propietarios de la parcelas agroforestales dieron la autorización para la extracción de muestras, a quienes previamente se les informó de los objetivos de la investigación.

Durante la fase de campo y laboratorio, no se usaron materiales ni procedimientos dañinos al medio ambiente o que supongan riesgos a las personas.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Contexto general de las plantaciones de especies nativas de rápido crecimiento en el Perú.

Las principales experiencias de instalación y manejo de plantaciones con especies de rápido crecimiento en la región amazónica se ha desarrollado en la Estación Jenaro Herrera en Loreto, con especies como *Cedrelinga cateniformis*, *Amburana cearensis*, *Copaifera paupera*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Swietenia macrophylla*, *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, *Cordia alliodora*, *Ceiba insignis*, *Parkia oppositifolia* y *Simarouba amara* en plantaciones puras (Flores 2011) y en Oxapampa, Departamento de Junín, con diversas especies nativas entre las más principales Inga spp, *Cordia alliodora*, *Calycophyllum spruceanum*, *Guazuma crinita*, *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, *Jacaranda copaia*, *Ochroma pyramidale*, *Cedrelinga cateniformis*, (Palomino y Barra 2003). Asimismo empresas como Reforestadora Amazónica SAC (RAMSA) y Reforesta Perú SAC en los últimos 8 años han instalado plantaciones de *Guazuma crinita* (Bolaina blanca) y *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) en Huánuco, Pasco y San Martín, selva alta central y en Ucayali, selva baja.

En Perú las experiencias reportadas indican que especies como *Guazuma crinita*, *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake y *Calycophyllum spruceanum*, tienen tasas de crecimiento de 5,5 cm año⁻¹, 3,6-5,6 cm año⁻¹ e 1,8-3,1 cm año⁻¹ respectivamente en Jenaro Herrera-Loreto (Palomino y Barra 2003; Flores 2011).

Investigaciones disponibles en la literatura científica, de *S. parahyba*, creciendo en plantaciones puras o mixtas en la Amazonía Peruana son muy escasos; los reportes evaluaron en claros de bosques que esta especie es de rápido crecimiento, típico de bosque secundario (Flores 2011),

colonizando rápidamente áreas abandonadas y caminos, lo que le confiere un gran potencial para su manejo en condiciones naturales (Pariona, Fredericksen y Licona 2003). La madera de *S parahyba* es de baja densidad, considerada como madera liviana, con densidad media de $0,24 \text{ g cm}^{-3}$ (Acevedo y Kikata 1994).

2.1.2. Crecimiento de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake.

En plantaciones puras hechos principalmente en Brasil, a un espaciamiento de 4 m x 4 m, en la especie alcanzó 20 m de altura y 19,5 cm de DAP a los 5 años de edad (Rondon 2002); en sistemas agroforestales en Pará, *S. parahyba* se obtuvieron entre 9,5 a 12 m de altura y 20,36 a 24 cm de DAP a los 4 años de edad, crece bien en suelos pobres en nutrientes (Lourdes et al. 2010) siendo óptima para sistemas agroforestales y suelos degradados.

Flores (2011), en la cuenca de Aguaytia en Ucayali, en plantaciones puras de *S. parahyba*, a los 20 años de edad la especie registró un DAP de 25,35 cm, es decir un IMA-DAP de $1,2 \text{ cm año}^{-1}$, sin embargo. en plantaciones asociadas con plátano *S. parahyba* alcanza 23 cm de DAP a los 8 años, con un IMA-DAP de $2,8 \text{ cm año}^{-1}$ (Justiniano et al. 2001). En el Valle de Chanchamayo esta especie alcanza su más alta tasa de crecimiento, con 30 cm a los 5 años, con IMA-DAP de 6 cm año^{-1} , debido a los suelos aluviales que presenta esta zona (Reynel et al. 2003).

Por otro lado Sabogal et al., (2006) reporta que en Brasil, *S. parahyba* asociada con otras especies alcanza un IMA-DAP de $4,30 \text{ cm año}^{-1}$ a los 5 años, sin embargo, en plantaciones puras recuperando área de pastizales la especie apenas crece, tiene un IMA-DAP de $3,49 \text{ cm año}^{-1}$. En cuanto al crecimiento en altura, en Ucayali, *S. parahyba* presenta un IMA-Altura de $0,59 \text{ m año}^{-1}$, siendo considerado bajo para la especie, comparado con lo reportado por Justiniano et al. (2001) en plantaciones de parcelas agroforestales en la Selva Central del Perú, con IMA-Altura de $1,6 \text{ m año}^{-1}$ a los 5 años, en distanciamiento de 5 x 5 m, y altura promedio de 14,4 m. En Brasil, la especie registra un IMA-Altura de $2,85 \text{ m año}^{-1}$, a la edad de 5,3

años y altura comercial media de 14,4 m, sin embargo en plantaciones mixtas cae ligeramente a un IMA-Altura de 2,51 m año⁻¹ a la edad de 5,8 años (Sabogal et al. 2006). El mismo autor resalta que en áreas previamente cubierto de bosques primarios explorados, la especie crece menos que en las otras evaluaciones, obteniendo un IMA-Altura de 1,47 m año⁻¹ a la edad de 5,9 años, representado un IMA muy bajo comparado a los demás tipos de plantaciones. Sobre la productividad, en términos de volumen, en plantación pura, *S. parahya* alcanza una productividad de 114,4 m³ ha⁻¹, con un IMA-Volumen de 20,18 m³ ha⁻¹ año⁻¹ después de 5,8 años de plantado, esta productividad es satisfactorio, comparado con el crecimiento en plantaciones puras en áreas de bosques primarios, alcanzando 101,2 m³ ha⁻¹ e IMA-Volumen de 16,39 m³ ha⁻¹ año⁻¹; por otra lado en plantación mixta en área de pastizal, esta especie tiene buena productividad, presentando un volumen de 71,5 m³ ha⁻¹ e IMA-Volumen de 15,7 m³ ha⁻¹ año⁻¹, con apenas 3,5 años de edad (Sabogal et al. 2006).

Investigaciones sobre el crecimiento de esta especie en la Amazonía aún son escasas, en Madre de Dios no existe reportes sobre el crecimiento de *S. parahyba* para conocer cómo es el crecimiento de esta especie en los suelos y clima de la región.

2.1.3. La variabilidad meteorológica y edáfica en el crecimiento de árboles.

La variabilidad meteorológica tiene efectos directos e indirectos en la disponibilidad de recursos (luz, agua y nutrientes) para los árboles, con impactos considerables en el crecimiento y desarrollo (Binkley, Stape y Ryan 2004). Estudios realizados en bosques naturales y de plantaciones han mostrado que el crecimiento del árbol responde a la variación meteorológica a diferentes escalas temporales y espaciales (King et al. 2013; Cristiano et al. 2014; Campoe et al. 2016), por tanto plantaciones comerciales pueden ser significativamente afectadas en la producción de madera debido a incremento o reducción de la precipitación a lo largo de gradientes climáticos (Stape et al. 2010), siendo que por ejemplo en especies como el Eucalipto

un ligero déficit hídrico puede disminuir seriamente la productividad forestal (Gonçalves et al. 2004). Específicamente en especies nativas, estudios previos han mostrado la influencia de la variabilidad meteorológica en la tasa de crecimiento de plantas como *Senna multijuga* y *Citharexylum myrianthum* (Cardoso et al. 2012) y *Tabebuia umbellata* (Costa et al. 2004), similarmente las características del suelo influyen significativamente en el crecimiento (Cardoso et al. 2012). Sin embargo estos estudios no ha sido desarrollados con buen detalle temporal, es decir con alta resolución temporal, de los pocos estudios existe uno realizado en Brasil con especies pioneras y no pioneras muestran alta correlación con la precipitación y déficit de presión de vapor, siendo que la especies son muy sensibles a pequeños variaciones de estos parámetros (Campoe et al. 2016). En plantaciones forestales de grandes extensiones en Brasil, la variabilidad climática y edáfica de los sitios donde se desarrollan las plantaciones claramente afectó el crecimiento, productividad y propiedades de la madera de los árboles (Sette Jr et al. 2010; White, Beadle y Worledge 1996; Knott 2004).

En el Perú las investigaciones sobre los efectos de la variabilidad climática y del suelo a gran escala temporal y espacial son inexistentes, los estudios realizados en *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum* principalmente evaluaron el efecto de la variación genética de procedencias, los cuales no revelan claramente las diferencias entre procedencias sino que las diferencias fueron mayores dentro de un mismo sitio, sugiriendo que el efecto de las variables climáticas y del suelo influyen en mayor medida en las plantas (Rochon, Margolis, y Weber, 2007; Sotelo Montes, Hernández, Beaulieu, y Weber, 2006; Weber y Montes, 2005; Weber, Montes, Cornelius, y Ugarte, 2011; Weber y Sotelo Montes, 2008).

2.2. Marco teórico

2.2.1. Descripción general de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake

Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake se clasifica como:

- REINO: Plantae o vegetal
- DIVISIÓN: Magnoliophyta
- CLASE: Magnoliopsida
- ORDEN: Fabales
- FAMILIA: Fabaceae
- GÉNERO: *Schizolobium*
- ESPECIE: *parahyba*
- NOMBRE COMÚN: Pashaco

Según la descripción realizada por Reynel, Pennington, Pennington, Flores, y Daza (2003), es un árbol que alcanza de 20 a 40 m de altura; de tronco cilíndrico de 60 a 100 cm de diámetro; sin aletones. Copa aparasolada sobre la mitad de la altura total. La base del fuste, generalmente tiene aletas de regular tamaño. La corteza externa, es de color blanquecino y lisa, albura de color blanco amarillento con transición gradual a duramen de color marrón muy pálido. La corteza interna es de textura laminar fibrosa, color rosado blanquecino, al ser cortada exuda látex blanco pegajoso. Tiene hojas imples, alternas, agrupadas al extremo de las ramitas; laminas oblongas a obovadas, de unos 12 – 18 cm de longitud y 4 – 7 cm de ancho, enteras, glabras, coriáceas, lustrosas, el ápice obtuso o redondo, la base aguda.

Sus inflorescencias son en cabezuelas terminales, capullos amarillentos, rectos en forma de ramillete de 30 cm. En tiempo de floración son visibles a gran distancia. Los frutos en vainas aplanadas curvadas, son de 20-25 cm de largo, 16 a 20 semillas envueltas por una sustancia gomosa, agrupadas en forma de racimos y maduran en 3-4 meses. Las semillas se hallan cubiertas por una especie de resina gomosa que es muy apetecida por

muchas especies de animales, que son los que ocasionan la caída de los frutos.

La madera se usa en contrachapados, elementos de mobiliario o de carpintería interior, puertas, molduras, pulpa para papel, construcción de cajas, juguetes y maquetas.

Esta especie, crece en Panamá, Colombia, Venezuela, Guyana, Surinam, Guyana Francesa, Ecuador, Perú, Brasil y Bolivia. En el Perú se ha hallado en Amazonas, Loreto, San Martín, Huánuco y Ucayali, siendo una especie común en bosques secundarios. Se obtuvo buen crecimiento en plantaciones experimentales en el Anexo von Humboldt de INIA (Flores 2011).

2.2.2. Plantación forestal

Una plantación se define como un conjunto de árboles o plantas cultivadas; acción de plantar. Por su parte, la palabra forestal es todo lo relativo a bosques (italiano: forestales; latín medieval forestis) (Cabrera 2003). Según el Diccionario Forestal Multilingüe (Cabrera 2003) una plantación forestal se define como la acción de plantar árboles con el objetivo de crear un bosque; también como la acción de crear un bosque a partir de la siembra de plántulas; o el conjunto de un terreno y los árboles que crecen después de haber sido plantado. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación las plantaciones forestales se definen como aquellas formaciones forestales sembradas en el contexto de un proceso de forestación o reforestación. Estas pueden ser especies introducidas o nativas, que cumplen con los requisitos de una superficie mínima de 0,5 ha; una cubierta de copa de al menos el 10% de la cubierta de la tierra, y una altura total de los árboles adultos por encima de los 5 m (Cabrera 2003).

2.2.3. Plantación agroforestal

Su objetivo principal es la producción forestal, e incorpora a la plantación un cultivo agrícola o pecuario. Posee la ventaja que durante el turno de cosecha

de los árboles, el propietario puede percibir ingresos de la cosecha de los productos agropecuarios y además las actividades culturales del cultivo contribuyen al mejor crecimiento de los árboles plantados.

2.2.4. Crecimiento y rendimiento

Tradicionalmente se denomina como incremento al cambio en volumen así como en diámetro y altura, tanto a nivel del árbol o rodal, mientras que el término crecimiento es usado para cuantificar el incremento en peso, biomasa y peso seco, el término incremento es usado cuando se hace referencia a un incremento estructural tales como la altura, diámetro, área basal o volumen. Esencialmente los términos crecimiento e incremento describen lo mismo, es decir, la tasa a la cual el árbol o el rodal incrementa en peso o tamaño en un periodo de tiempo determinado. Si, en lugar de mediciones anuales, levantamientos periódicos a “n” intervalos de años son tomados, entonces el registro del incremento en altura, diámetro o volumen debe ser dividido por “n”, este término es llamado incremento periódico anual “IPA” (IPA_h , IPA_d , IPA_v) (Pretzsch 2009).

Entiéndase por incremento corriente anual “ICA” como el incremento de volumen, diámetro o altura (ICA_v , ICA_d , ICA_h) dentro de un año, el ICA al principio aumenta con la edad en forma relativamente rápida, generalmente antes de la mitad de la vida del árbol alcanza un máximo y decrece desde este punto hacia adelante lentamente (Prodan, M et al. 1997).

La suma de los incrementos anuales expresa el rendimiento, es decir la dimensión alcanzada a una determinada edad (diámetro, altura o volumen) (Prodan *et al.* 1997; Pretzsch 2009).

$$Rendimiento = \int_{t=t_0}^{t_n} crecimiento dt$$

En cuanto que el incremento medio anual IMA es el rendimiento en un periodo dado dividido por la edad, es decir el tamaño alcanzado hasta un determinado momento en el tiempo por la edad correspondiente (Prodan, M et al. 1997), por ejemplo en el caso de la altura:

$$IMA = \frac{h}{t}$$

El incremento medio anual caracteriza la calidad de sitio y delimita la edad adecuada de cosecha; el valor resultante del IMA refleja el nivel medio de productividad a largo plazo y es considerado un valor apropiado para comparaciones (Pretzsch 2009).

En la literatura científica y en la práctica no suele realizarse una clara diferenciación entre crecimiento y rendimiento; a diferencia de las definiciones estrictas empleadas aquí, con demasiada frecuencia las curvas de rendimiento se denominan curvas de crecimiento, en síntesis Pretzsch (2009) remarca que en realidad las curvas de crecimiento son aquellas que muestran la relación entre el incremento y la edad, llamado crecimiento anual corriente, en cuanto que la curva de rendimiento es la integral de la curva de crecimiento.

La curva de crecimiento medio anual, muestra un desarrollo típico, la culminación del crecimiento medio se logra más tarde que la del crecimiento corriente, siendo que la curva de incremento medio tiene su culminación en la intersección con la curva de incremento corriente (Prodan, M et al. 1997).

2.2.5. Medición de la dinámica de crecimiento en árboles tropicales mediante el análisis de los anillos de crecimiento

Existen varios métodos que se usan para el estudio de la dinámica de crecimiento en especies tropicales, por ejemplo mediante el registro del incremento frecuente del diámetro con el uso de dendrómetro de bandas, o mediante investigaciones fenológicas, entre otras (Worbes 1995).

Uno de los que han ganado cada vez más importancia, es el método dendrocronológico; mediante este método se obtiene información de la tasa de crecimiento para conocer el comportamiento del crecimiento en conexión con factores ecológicos, para esto, es extraído del árbol una muestra radial entera de la sección transversal del tronco en especies cuyos anillos son claramente diferenciados, usando un barreno, o mediante rodajas de la

sección transversal. La técnica permite una buena datación y medición (Worbes 1995).

En cualquier caso las muestras deben ser preparadas con mucho cuidado para incrementar la visibilidad de las capas de crecimiento, para esto es realizado el pulido de las muestras con lijas de tamaño variable hasta más de 600 μm . Posteriormente un cuidadoso humedecimiento con agua durante la observación frecuentemente mejora el contraste de los bordes de las capas de crecimiento (Worbes 1995, 1999).

Generalmente el análisis de los anillos de crecimiento requiere investigaciones de la estructura anatómica de la madera y la definición del tipo de delimitación de los anillos (Worbes 1995).

Posterior al conteo de anillos, es realizado la medición del ancho de los anillos con una lupa de mano, estereoscopio o con dispositivos de medición de anillos de crecimiento; sincronización (en inglés *crossdating*) exitosa de las curvas de ancho de los anillos da una indicación de un factor desencadenante externo oscilante del ritmo de crecimiento, la sincronización o *crossdating* significa, en este caso, la comparación de diferentes curvas de anillos con la finalidad de reconocer patrones únicos de la anchura y estrechez de los anillos. Para la comparación con eventos climáticos las curvas de ancho de los anillos deben ser transformadas en curvas de índice; la precipitación son datos usualmente documentados como la suma mensual de la precipitación. Las series temporales de datos mensuales puede ser comparada con las series del ancho de los anillos de crecimiento mediante análisis de regresión para mostrar la influencia de una simple precipitación mensual en el crecimiento (Jacoby 1989).

2.2.6. Dendrocronología

La dendrocronología es la ciencia de análisis de los anillos de crecimiento de los árboles, deriva del prefijo griego *dendron* que significa “árbol” y *chronos* que significa “tiempo”, por tanto la dendrocronología trata de la historia del crecimiento del árbol, en base a los anillos radiales de crecimiento producido

anualmente para producir información sobre el pasado (Cook, Cook y R. 2006). La ciencia moderna de la dendrocronología se inició con las primeras investigaciones del astrónomo Andrew E. Douglas, quien es considerado como padre de la dendrocronología, en 1904 Douglas buscaba conocer los efectos de las manchas solares sobre el clima, encontrando en los anillos de los árboles una fuente sustituta del registro del clima. No fue hasta 1912 que notó las dos mayores implicancias de sus descubrimientos, el primero fue que el crossdating puede ser usado como una herramienta cronológica para identificar el año calendario exacto en que los anillos de crecimiento fueron producidos mediante el estudio de los patrones de anillos anchos y estrechos, la segunda implicación del hallazgo de Douglass fue que los patrones del ancho de los anillos mismos representan un registro de las condiciones ambientales sobre una región (Fritts 1976).

Los anillos de crecimiento de los árboles son influenciados por la variabilidad de las estaciones climáticas, produciendo alternancia de condiciones favorables y desfavorables afectando la actividad cambial. El cambium vascular, responsable por el crecimiento de en diámetro del tronco de los árboles alterna periodos de mayor actividad y de latencia, induciendo diferencias en las dimensiones de las células que forman los anillos de crecimiento (Fritts 1976). En el periodo de mayor actividad, el cambium produce células de mayor diámetro del lumen y pared celular delgada, llamado también leño temprano; en el de menor actividad o latencia, el cambium origina células de pared más gruesa y menor diámetro del lumen, llamado también leño tardío (Bowyer, Shmulsky y Haygreen 2007).

Brown (2003), La dendrocronología se basa en el principio en el cual los árboles se desarrollan en condiciones ecológicas similares, presentan sincronismo en el ancho de los anillos de crecimiento formados en su tronco, permitiendo la determinación de su edad y la sincronización de los años de formación por cada anillo de crecimiento. Según Fritts (1976), las técnicas de la dendrocronología son aplicadas a una variedad de problemas del ambiente y clima, la dendrocronología puede ser dividida en subcampos, como dendroclimatología que hace referencia a las investigaciones

dendrocronológicas de los climas del presente y del pasado, la dendroclimatografía que aplica los análisis de los anillos de los árboles al mapeo de climas pasados y presentes. Similarmente la dendroecología, dendrohidrología, y dendrogeomorfología que se refieren, respectivamente, a la aplicación de la dendrocronología en el estudio de comunidades bióticas pasadas, historia de caudal de los ríos e inundaciones, y procesos geomórficos. Existen más subcampos que pueden ser citados, como la dendroquímica, dendroarqueología, dendroglaciología, dendroentomología, etc (Tomazello Filho y Botosso 2001).

2.2.7. Características de los anillos de crecimiento de *S. parahyba*

S. parahyba posee anillos de crecimiento fácilmente distinguibles, delimitados por espesas fibras de forma aplanada radialmente en el leño tardío, y por bandas estrechas parénquima marginal continuo (Lisi, Tomazello, et al. 2008; Marcati, Milanez y Machado 2008); además en el leño tardío son visibles pequeños vasos adyacentes a las bandas de parénquima (Marcati, Milanez y Machado 2008). Grandes vasos y fibras de fina pared celular (leño temprano) son formados durante la mayor actividad del cambium (enero a marzo), asimismo pequeños vasos y fibras de gruesa pared celular, aplanadas radialmente (leño tardío) son visibles adyacentes al cambium cuando está en su menor actividad (Mayo y Junio) (Marcati, Milanez y Machado 2008).

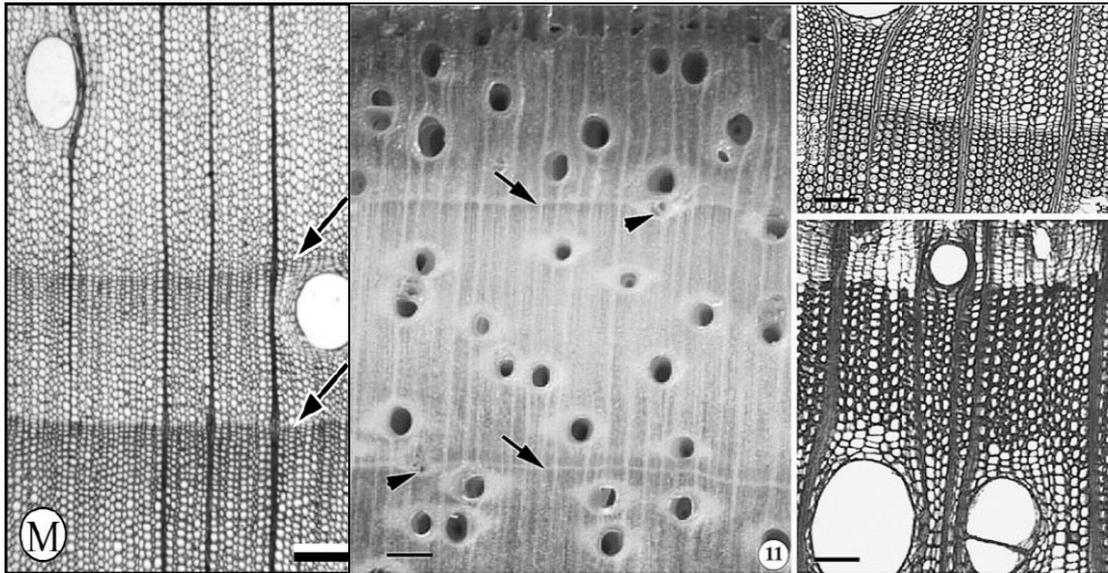


Figura 1. Anillos de crecimiento de *Schizolobium parahyba*. La imagen de la izquierda fue extraído de Lisi et al. (2008), las flechas muestran el límite de los anillos de crecimiento. Imágenes del centro y de la derecha fueron extraídos de Marcati et al. (2008), en la imagen del centro las flechas muestran las bandas de parénquima marginal delimitando los anillos de crecimiento; en la imagen superior derecha, se muestra el leño tardío con fibras de pared celular gruesa en el límite del anillo de crecimiento; en la imagen inferior derecha, se muestra pequeños vasos en la zona cambial.

2.3. Definición de términos

Crecimiento: Es el aumento observado en la dimensiones de un determinado atributo de un árbol o rodal, por unidad de tiempo. Para tener un significado específico del término crecimiento se debe clasificar de acuerdo con el parámetro o variable considerada, el período de tiempo considerado y la porción o parte del rodal considerado (Pretzsch 2009). En árboles maduros, el crecimiento se expresa normalmente en términos de volumen. El volumen del fuste es un parámetro válido para expresar el crecimiento del árbol.

Incremento: El incremento se define como el aumento en volumen, área basal, diámetro o altura de un árbol o de una masa forestal en un período de tiempo determinado. Es la magnitud del crecimiento y consiste en la diferencia de tamaño entre el comienzo y final de un período de crecimiento. El incremento se define como el aumento en volumen, área basal, diámetro o altura de un árbol o de una masa forestal en un período de tiempo determinado (Van Laar y Akça 2007). Considerando el período de tiempo, se

distinguen básicamente tres tipos de incrementos, siendo éstos los siguientes:

Incremento corriente anual (ICA): Corresponde al incremento producido en un año de intervalo. Se calcula haciendo la diferencia entre el valor al final del año menos el valor al inicio del año (Prodan, M et al. 1997)

Incremento medio anual (IMA): Corresponde al promedio de incremento determinado hasta el momento actual. Se calcula dividiendo el valor actual entre el tiempo transcurrido o edad (Prodan, M et al. 1997).

Edad de rotación o turno silvicultural: Es la edad en la cual el árbol o el rodal alcanza el máximo IMA, que coincide con la intersección con la curva de incremento corriente anual (Prodan, M et al. 1997)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de estudio

El presente trabajo de investigación es del tipo correlacional.

Según Hernández, et al. (2010) existen cuatro tipos de investigación: exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos. En este caso sólo se explicara lo utilizado para realizar esta tesis.

El estudio es tipo correlacional, porque "La utilidad y el propósito principal de los estudios correlacionales son saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas". Este tipo de estudio mide las dos o más variables que se desea conocer, si están o no relacionadas con el mismo sujeto y así analizar la correlación. Dos variables están correlacionadas cuando al variar una variable la otra varía también. Esta correlación puede ser positiva o negativa, es positiva cuando los individuos con altos valores en una variable tienden a tener altos valores en la otra variable, y es negativa cuando los individuos con altos valores en una variable tienden a mostrar bajos valores en la otra variable. Este tipo de estudio evalúa el grado de relación entre dos variables.

3.2. Diseño del estudio

La investigación se enmarca dentro del diseño de estudios analíticos observacionales no experimentales, sin grupo control del tipo longitudinal.

De acuerdo Hernández et al. (2010) existen dos tipos de diseños: la investigación experimental y la investigación no experimental, cada uno de éstos se divide en diferentes categorías. La investigación experimental se divide en preexperimentos, experimentos "puros" (verdaderos) y cuasiexperimentos, mientras que la investigación no experimental se divide en diseños transeccionales o transversales y diseños longitudinales.

Ninguno es más importante que otro, cada uno tiene sus características y su valor propio, y son necesarios según lo que se haya planteado para la investigación, es decir, según los objetivos, la hipótesis y el tipo de estudio. Esta tesis desarrollara un diseño de Investigación No Experimental que a continuación se explica.

La investigación No Experimental, "Es la que se realiza sin manipular deliberadamente variables", se divide en dos tipos: la transeccional, que a su vez se divide en descriptivo, correlacional, y en correlacional/causal, y la longitudinal, que se divide en tendencia o trend, de evolución de grupo o cohort y de panel.

Los diseños correlacionales longitudinales de tendencia o trend, según Hernández et al. (2010) recolectan datos a través del tiempo en puntos o períodos especificados, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. También analizan cambios a través del tiempo (en variables o sus relaciones), dentro de alguna población en general.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población lo conforma la superficie total de superficie plantada de *S. parahyba* en las dos áreas estudiadas, sector Víctor Raúl Haya de la Torre y sector Ollanta, con 1 ha respectivamente en cada lugar, en total la población (área estudiada) son 2 ha o 800 árboles de *S. parahyba*.

3.3.2. Muestra

Se muestreó 4 parcelas de 20 m x 50 m en cada área de estudio, totalizando 8 parcelas, para la medición de los parámetros del rodal tales como DAP, altura total y altura comercial. La información de las parcelas muestreadas sirvieron, además, para conocer la frecuencia de árboles por cada clase diamétrica. En cada área se muestrearon 14 árboles seleccionadas al azar

proporcional al número de individuos por clase diamétrica. Diversas investigaciones relacionadas al análisis de los anillos de crecimiento en árboles de plantaciones tomaron entre 8 a 20 árboles como muestra (Dié et al. 2015; Medzegue et al. 2007; Hlaing, Teplyakov y Thant 2014; Tang et al. 2016); por tanto una muestra de 14 árboles por cada área (28 árboles en total) es satisfactorio.

3.4. Métodos y técnicas

3.4.1. Lugar de estudio

El lugar de estudio comprende 02 áreas con plantaciones forestales de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake que se encuentran en el eje carretero de la Interoceánica Sur (PE 30C) en los distritos de Laberinto e Inambari (Tabla 2 y Figura 2).

Tabla 2. Coordenadas UTM WGS 84 L19-S de las áreas de estudio

N°	Este	Norte	Fundo	Distancia	Sector	Vía
1	445845	8593282	Gran Chaparral	Km 39	Víctor Raúl	PEM - CUZ
2	361566	8569316	Ollanta	Km138	Ollanta	PEM - CUZ

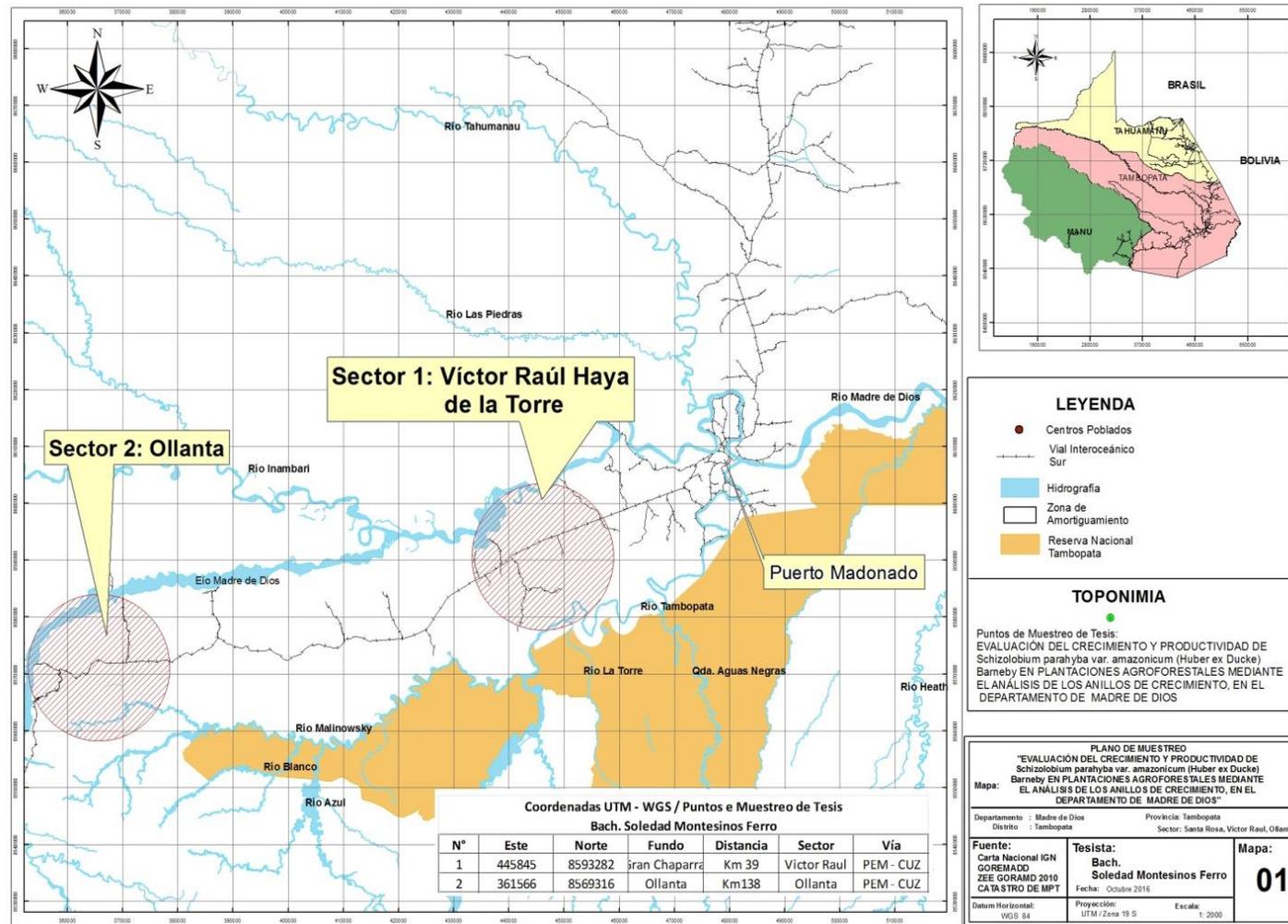


Figura 2. Ubicación de las áreas de estudio, región Madre de Dios

En el km 39 margen Izquierda carretera a Laberinto, en el Distrito de Laberinto, Provincia Tambopata. Fundo “Gran Chaparral” de 1ha de *S. parahyba* asociado con cítricos limón Tahití, naranja sutil, naranja huando, sembrados en el año 2012, en el mes de Enero (Figura 3). Esta plantación tiene una densidad de 400 árboles por hectárea (distanciamiento de 5 m x 5 m).



Figura 3. Área “Gran Chaparral”, Sector Víctor Raúl Haya de la Torre.

En el km 138 margen Derecha carretera a Mazuco, en el distrito Inambari, Provincia Tambopata. Fundo “Ollanta” de 1ha de *S. parahyba* asociado con cacao, sembrado en el año 2010 en el mes de Marzo, con una densidad de 400 árboles por hectárea (distanciamiento de 5 m x 5 m) (Figura 4).



Figura 4. Área “Ollanta”, Sector Ollanta.

3.4.2. Técnica de Muestreo

En cada área se tomaron mediciones de los parámetros del rodal tales como DAP, altura total, altura comercial y densidad, en 4 parcelas de 20 m x 50 m de cada área. Con una forcípula, se tomaron dos mediciones de DAP en cada árbol en la línea y entre líneas (Figura 5), promediándose para obtener el DAP medio de cada árbol; la altura total y altura comercial fueron tomadas con un clinómetro Sunnto (Figura 6).



Figura 5. Medición del DAP en la línea y entre líneas.



Figura 6. Medición de la altura total y altura comercial.

Después de ser analizado el inventario, se definieron 8 clases diamétricas, calculándose la frecuencia relativa de cada clase; con estos datos, se calcularon el número de árboles a muestrear en cada clase diamétrica, tomando en total 14 árboles para cada área seleccionados al azar para el análisis de los anillos de crecimiento (Tabla 3).

Tabla 3. Muestras por clase diamétrica (cm)

Sector		Clase diamétrica (cm)								Total
		5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	>40	
VRHT	Frecuencia (árb./ha)	3	38	56	146	132	24	0	0	400
	Tamaño de muestra (árb.)	0	1	1	5	6	1	0	0	14
Ollanta	Frecuencia (árb./ha)	0	0	11	40	57	63	131	97	400
	Tamaño de muestra (árb.)	0	0	0	1	3	5	2	3	14

De cada árbol se extrajeron 2 muestras radiales de leño de la sección transversal del fuste (médula-corteza) usando un barreno de pressler (Figura 7); las muestras radiales fueron extraídas siempre en el sentido de la línea y de la entrelínea para un mejor análisis de los anillos de crecimiento.

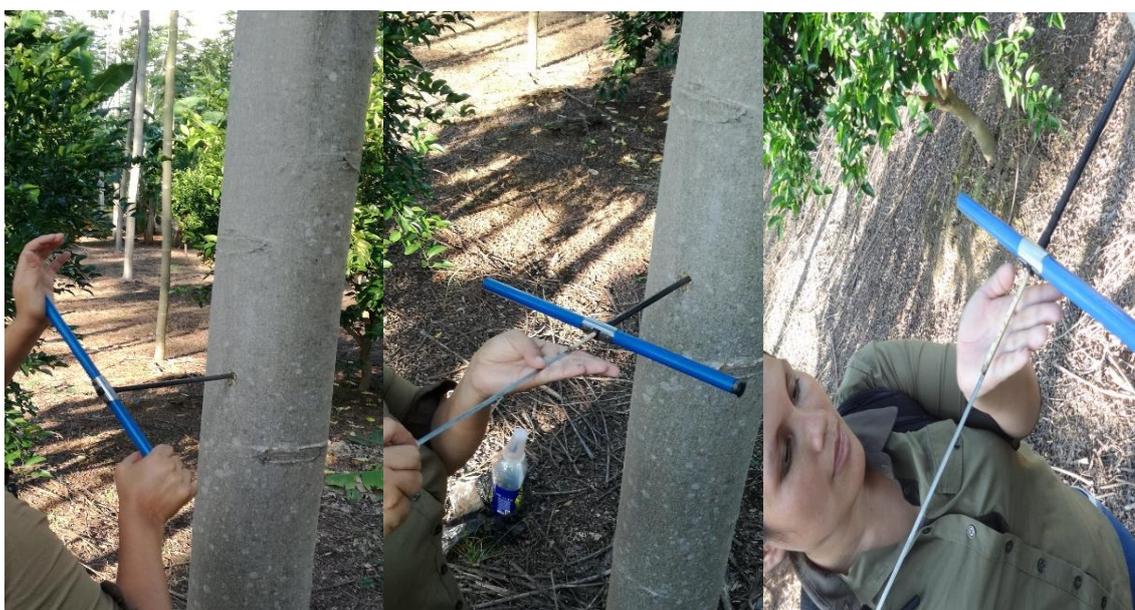


Figura 7. Técnica de extracción de muestras radiales con el barreno de Pressler.

3.4.3. Preparación de muestras para identificación de anillos

Las 56 muestras radiales de leño, se preservaron con alcohol para evitar manchas por hongos y ataque de insectos, luego secadas al aire libre bajo sombra para evitar deformaciones. A continuación se colocaron en un soporte de madera, alineadas en dirección de la fibra, para ser pulidas usando lijas de agua con granulación de 100 hasta 800 para mejorar la visibilidad de los anillos de crecimiento (Stokes y Smiley 1996). Finalmente las muestras radiales pulidas fueron escaneadas con una resolución de 1200 dpi (Figura 8).



Figura 8 .(a) Secado de las muestras, (b) Colado de las muestras, (c) Muestras colocadas en el soporte, (d) Puliendo muestras, (e) Muestras pulidas, (f) Escaneando muestras

3.4.4. Análisis de los anillos de crecimiento

Se identificó, delimitó y midió los anillos de crecimiento en las 56 muestras radiales de leño extraídas; para estos propósitos, las imágenes escaneadas de las muestras fueron analizadas en el software Image Pro Plus, identificándose el límite de los anillos de crecimiento, en caso de dificultad para su delimitación las muestras radiales fueron analizadas en microscopio estereoscopio para mejor visualización e identificación del límite de los anillos. Posteriormente en el Software Image Pro Plus, los anillos fueron medidos en su ancho con una precisión de 0,001 mm.

Tratándose de árboles proveniente de plantaciones, la edad de los árboles es conocida con exactitud, ayudando en la identificación de anillos de crecimiento verdaderos, descarte de anillos falsos y/o consideración de anillos ausentes.

En seguida, se construyeron las series cronológicas, graficándose las curvas de incremento donde se realiza visualmente la sincronización también llamado datación cruzada “cross-dating” de las 28 series cronológicas de cada área.

La datación cruzada consiste en la identificación de patrones de incremento que pueden ser sincronizados entre muestras de un mismo árbol y entre árboles, haciendo posible la construcción de una serie cronológica de anillos de crecimiento datados en el año exacto de su formación (Venegas-González 2013).

Se realizó el control de calidad y verificación de la sincronización “cross-dating” mediante el Programa COFECHA (Holmes, Adams y Fritts 1986a); obteniéndose la serie media, denominada Serie Master, con la cual se comparan las series individuales mediante un análisis de correlación (correlación lineal), buscando superar el coeficiente de correlación crítico definido por el software, que garantiza la validez de la cronología.

3.4.5. Influencia de la variabilidad meteorológica en el crecimiento

Después del control de calidad las curvas sincronizadas fueron estandarizadas por ajuste de líneas de regresión logarítmica, usando el Software ARSTAN (Holmes, Adams y Fritts 1986b), obteniéndose series de índices cronológicas individuales, que son promediadas para establecer las cronologías correspondientes para *S. parahyba* en cada área (Dünisch, Montóia y Bauch 2003).

Las series dendrocronológicas, fueron correlacionadas con la precipitación y temperatura mensual desde enero a diciembre de todos los años comprendidos en periodo de vida de los árboles. Para esto, se utilizaron los datos meteorológicos disponibles desde el año 2010 al 2017, de la estación meteorológica Puerto Maldonado-000 808 (Latitud 12° 35' 1" Longitud 69° 12' 1"), dada su proximidad a los sitios de muestreo. Con estos análisis se determinó la influencia de la precipitación y temperatura en el crecimiento en diámetro de los árboles de *S. parahyba* en cada sector evaluado.

3.4.6. Determinación del incremento corriente anual (ICA), e incremento medio anual (IMA) del área basal

Inicialmente se calculó el incremento en diámetro en cada año, es decir el incremento corriente anual del DAP (ICA_{DAP}) en cm, que es hallado a partir de la suma del ancho de los anillos de crecimiento de ambos radios, siendo que el incremento en un radio representa la mitad del incremento corriente anual (ICA) del DAP. El incremento corriente anual del DAP es expresado como:

$$ICA_{DAP} = \text{Ancho del anillo del radio 1} + \text{ancho del anillo del radio 2}$$

Posteriormente, conocido el ICA_{DAP} para cada año, se calculó el incremento acumulado del DAP que expresa la sumatoria de los incrementos corrientes en cada año.

En base a estos valores, se procedió a calcular el incremento corriente anual del área basal (ICA_{AB}) en cm^2 , mediante la diferencia del área basal actual menos el área basal del año anterior, de la siguiente forma:

$$ICA_{AB_t} = \frac{\pi \times (DAP_t^2 - DAP_{t-1}^2)}{4}$$

Seguidamente el incremento acumulado del área basal o conocido también como rendimiento del área basal (Rendimiento_{AB}) en cm², se calculó mediante sumatoria de los incrementos corrientes. Y a partir de estos valores el incremento medio anual del área basal (IMA_{AB}) en unidades de cm² año⁻¹ se obtuvo por división del rendimiento entre la edad del árbol.

$$IMA_{AB} = \frac{Rendimiento}{Edad}$$

3.5. Tratamiento de los datos

El ancho de los anillos de crecimiento medidos mediante el programa Image Pro Plus, fueron empleados para la construcción y validación de las series cronológicas usando el programa COFECHA. A partir de la series de crecimiento analizadas se calcularon, e hojas Excel, el ICA e IMA del área basal. Con el paquete estadístico SAS se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para testar la existencia o no de diferencias significativas del ICA e IMA entre los dos sectores evaluados, con un 5% de significancia. Asimismo se aplicó análisis de correlación simple entre la precipitación mensual y temperatura mensual con el incremento radial del tronco (ancho de los anillos de crecimiento) para evaluar el efecto de estas variables climáticas en el crecimiento de *S. parahyba*.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En todas las muestras radiales presentaron anillos de crecimiento anuales distinguibles a simple vista (Figura 9), delimitados por finas bandas de parénquima marginal en asociación con zonas fibrosas (paredes celulares más gruesas) de color más oscuro (Figura 10).

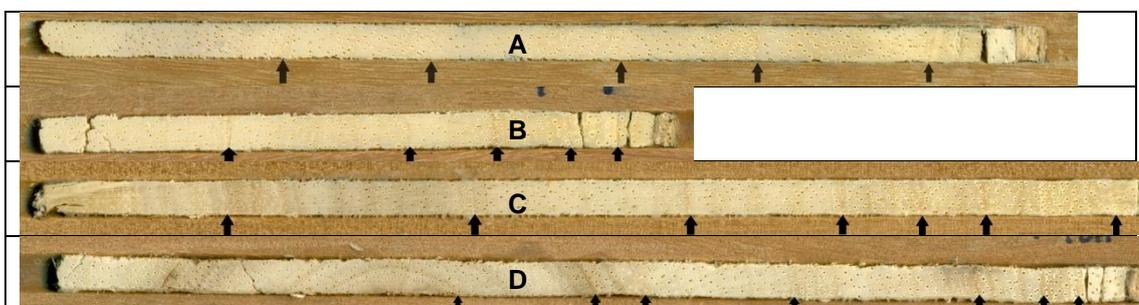


Figura 9. Muestras radiales de árboles de *Schizolobium parahyba* del sector Víctor Raúl Haya de la Torre (A y B) y del sector Ollanta (C y D). Las flechas negras indican los límites de los anillos de crecimiento.



Figura 10. Detalle del límite de un anillo de crecimiento de *Schizolobium parahyba*.

En el sector Víctor Raúl Haya de la Torre, sólo 12 árboles fueron analizados, de un total de 14 árboles muestreados, debido a que 2 árboles presentaban anillos poco distinguibles. Así se construyeron 12 series, analizadas mediante el programa COFECHA, y en base a los primeros informes arrojados se excluyeron 3 series (3 árboles) que exhibieron correlaciones muy bajas con las demás, lo que permitió lograr una correlación aceptable. Al final se validaron 9 series, resultando en una correlación de Pearson de 0,33, superior al nivel crítico aceptado por COFECHA (0,3281) al 99% de nivel de confianza (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados globales de la validación de las series de crecimiento de los árboles de *Schizolobium parahyba* en el sector Víctor Raúl Haya de la Torre.

```

*****
*C* Number of dated series          9 *C*
*O* Master series 2013 2016        4 yrs *O*
*F* Total rings in all series       36 *F*
*E* Total dated rings checked       36 *E*
*C* Series intercorrelation         .331 *C*
*H* Average mean sensitivity         .316 *H*
*A* Segments, possible problems     3 *A*
*** Mean length of series           4.0 ***
*****

```

En el caso del sector Ollanta, se analizaron 14 árboles presentando todos anillos de crecimiento distinguibles. En base a los primeros reportes de la validación con COFECHA, 3 series que presentaron baja correlación con las demás series fueron excluidas, validándose 11 series con un coeficiente de correlación de 0,46 bastante superior al nivel crítico de 0,3281 aceptado por COFECHA al 99% de nivel de confianza (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados globales de la validación de las series de crecimiento de los árboles de *Schizolobium parahyba* en el sector Ollanta.

```

*****
*C* Number of dated series      11 *C*
*O* Master series 2011 2016    6 yrs *O*
*F* Total rings in all series   66 *F*
*E* Total dated rings checked   66 *E*
*C* Series intercorrelation     .466 *C*
*H* Average mean sensitivity    .373 *H*
*A* Segments, possible problems  4 *A*
*** Mean length of series       6.0 ***
*****

```

Las series de crecimiento en el sector VRHT, mostraron que hasta el 5° año, existe en general un incremento sostenido del IMA del área basal (AB) con tendencia positiva, observándose un abrupto aumento del IMA en el tercer año, y leves aumentos y estabilización en el cuarto y quinto año (Figura 11).

El promedio del IMA en el 1°, 2°, 3°, 4° y 5° fueron de 31,90 cm² año⁻¹, 37,77 cm² año⁻¹, 50,44 cm² año⁻¹, 55,61 cm² año⁻¹ y 60,64 cm² año⁻¹ respectivamente, con amplias variaciones entre árboles en cada año, principalmente en los dos primeros años de edad (Tabla 6).

En el sector Ollanta, con árboles de 7 años de edad, las series de crecimiento mostraron que hasta el 4° año existió en general una tendencia de incremento del IMA, y a partir de allí una tendencia de leve aumento y estabilización hasta el 7° año (Figura 11). A lo largo de tiempo de desarrollo de los árboles, el IMA promedio del área basal fue de 38,77 cm² año⁻¹, 62,09 cm² año⁻¹, 71,58 cm² año⁻¹, 80,05 cm² año⁻¹, 81,57 cm² año⁻¹, 84,00 cm² año⁻¹ y 84,20 cm² año⁻¹ respectivamente en el 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6° y 7° año, presentando grandes variaciones entre árboles (Tabla 6)

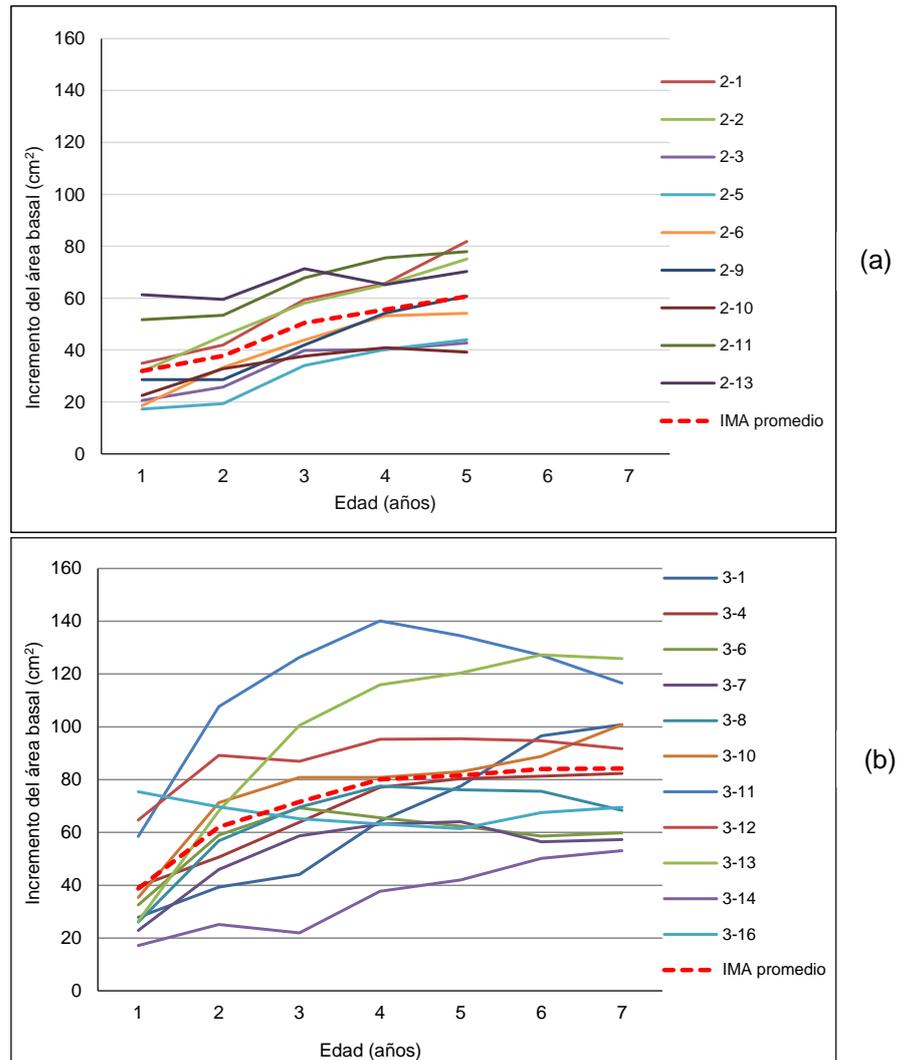


Figura 11. Incremento medio anual (IMA) del área basal ($\text{cm}^2 \text{año}^{-1}$) por árbol, en los sectores Víctor Haya de la Torre (a) y Ollanta (b). La línea roja entrecortada representa el IMA promedio.

En los primeros años de edad, los árboles del sector VRHT presentaron bajos ICA del área basal, un promedio de $31,90 \text{ cm}^2$ y $43,64 \text{ cm}^2$ respectivamente el 1° y 2° año; en el tercer año el ICA aumento considerablemente en todos los árboles, alcanzando un valor promedio de $75,79 \text{ cm}^2$. Posteriormente hubo una disminución del ICA en el 4° año, con un promedio de $71,10 \text{ cm}^2$ aumentando ligeramente hacia el 5° año alcanzando el máximo valor de $80,78 \text{ cm}^2$, sin embargo hubo 4 árboles (6, 10, 11 y 13) con un patrón de disminución del ICA (Figura 12).

En el sector Ollanta, los árboles de 7 años de edad tuvieron una tendencia de incremento hasta el 4° año, y a partir de allí una tendencia de disminución

y aumento (Figura 12). El ICA más bajo se presentó en el 1° año con un valor de 38,77 cm², aumentando considerablemente en el 2° año alcanzando un valor de 85,40 cm²; posteriormente un leve aumento del ICA se presentó hacia el 3° año, con un valor de 90,58 cm², y nuevamente un rápido incremento del ICA en el 4° año alcanzando el valor máximo de 105,45 cm². A partir del 5° año comienza la disminución del ICA con valores de 87,66 cm², 96,15 cm² y 85,37 cm² respectivamente en el 5°, 6° y 7° año (Tabla 6).

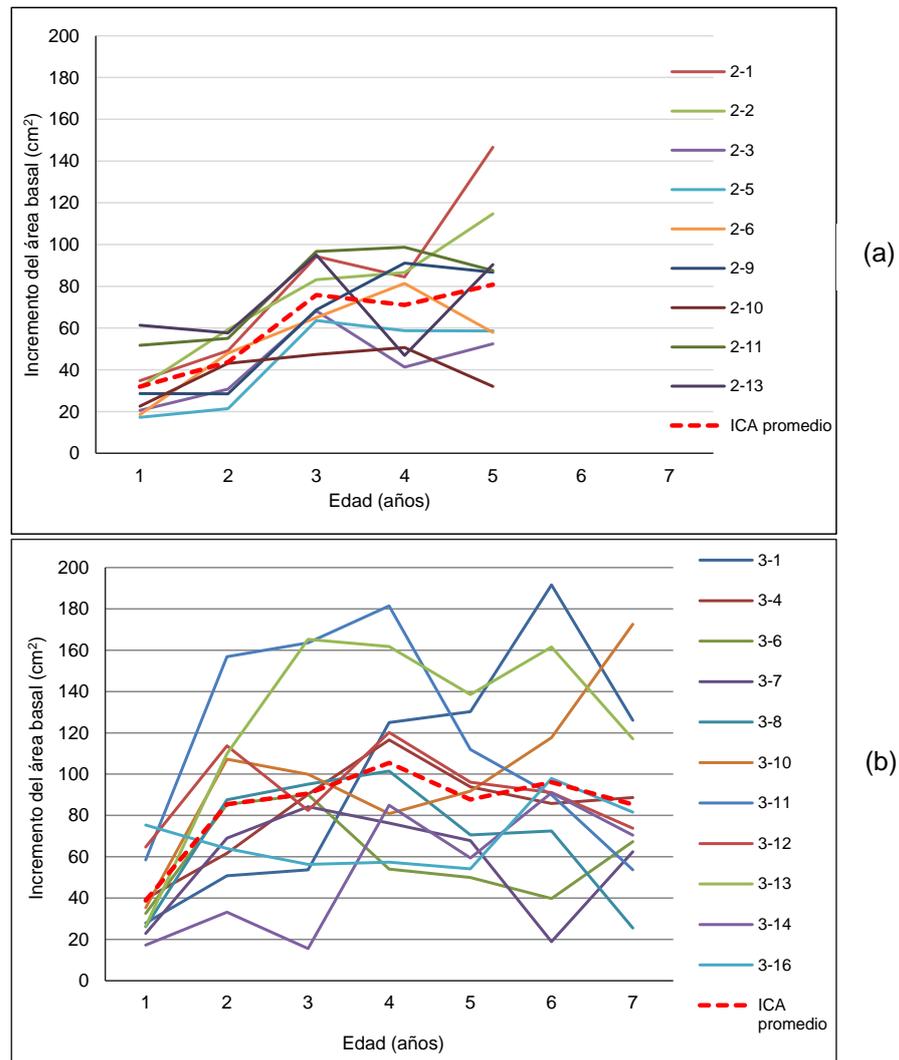


Figura 12. Incremento corriente anual (ICA) del área basal (cm²) por árbol, en los sectores Víctor Haya de la Torre (a) y Ollanta (b). La línea roja entrecortado representa el ICA promedio.

En la Figura 13, el rendimiento de los árboles, representa el incremento acumulado del área basal (AB); los rendimientos fueron un reflejo de las variaciones del ICA y del IMA, mostrándose una tendencia lineal de incremento acumulado del AB a partir del 3° año, en los árboles del sector VRHT, indicando que más allá del 5° año puede mantenerse la misma tendencia y por tanto no existe aún un punto de inflexión de la curva de rendimiento (Figura 13).

El 1° y 2° año los incrementos fueron menores con valores de 31,90 cm² y 75,54 cm² respectivamente, pasando a aumentar considerablemente hacia el 3° año con valor de 151,32 cm², tendencia lineal sostenida también en el 4° y 5° año alcanzando rendimientos de 222,43 cm² y 303,20 cm² respectivamente. Se presentaron grandes variaciones entre árboles, aumentando a mayor edad, llegando a variar entre 195,75 cm² y 409,30 cm² en el 5° año (Tabla 6).

Por otro lado en el sector Ollanta, las series de crecimiento, mostraron similarmente que hasta el séptimo año, existe en general una tendencia lineal de incremento sostenido del rendimiento promedio, con un punto de inflexión en el 6° año, que guarda relación con el punto de intersección del IMA e ICA (Figura 13). Desde el 2° año los rendimientos fueron mayores en los árboles del sector Ollanta alcanzado una diferencia de más de 100 cm² en el 5° año de crecimiento con respecto al promedio del rendimiento de los árboles del sector VRHT. Hasta el 7° año *S. parahyba* alcanza un AB de 589,38 cm² equivalente a 27,13 cm de DAP sin corteza (Tabla 6). Similarmente mayores variaciones se presentaron a mayor tiempo de crecimiento.

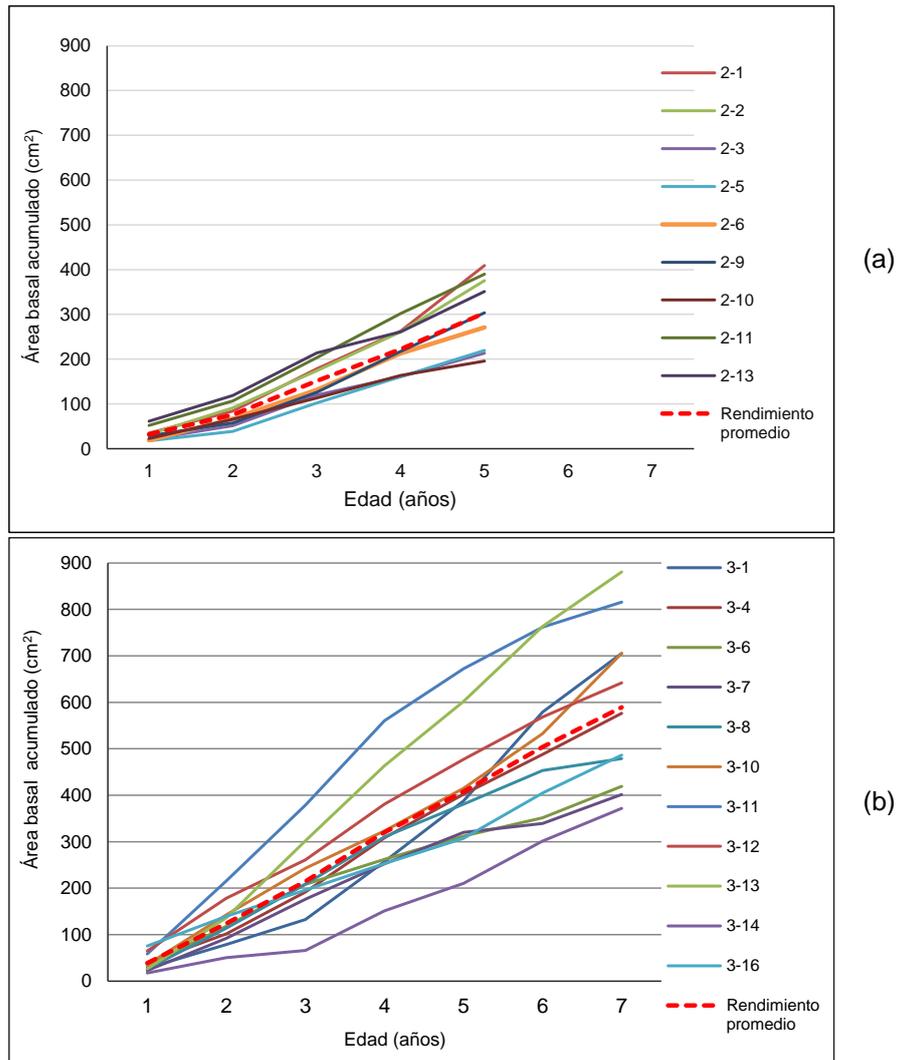


Figura 13. Rendimiento promedio del área basal (cm²) por árbol, en los sectores Víctor Haya de la Torre (a) y Ollanta (b). La línea roja entrecortado representa el rendimiento promedio

Tabla 6. Promedios (prom), desviación estándar (DE), valores mínimos (mín) y máximos (máx) del incremento corriente anual, incremento medio anual y rendimiento, por sector.

Sector	Edad	Incremento corriente anual (cm ²)				Incremento medio anual (cm ² año ⁻¹)				Rendimiento o incremento acumulado (cm ²)			
		Prom	DE	Mín	Máx	Prom	DE	Mín	Máx	Prom	DE	Mín	Máx
Víctor	1	31,90	15,34	17,25	61,29	31,90	15,34	17,25	61,29	31,90	15,34	17,25	61,29
Raúl	2	43,64	13,74	21,36	59,28	37,77	13,27	19,30	59,46	75,54	26,54	38,61	118,92
Haya	3	75,79	17,25	47,36	96,63	50,44	13,85	34,06	71,33	151,32	41,56	102,18	213,99
de la	4	71,10	21,58	41,35	98,67	55,61	13,12	40,22	75,52	222,43	52,50	160,88	302,08
Torre	5	80,78	35,07	32,08	146,63	60,64	16,42	39,15	81,86	303,20	82,08	195,75	409,30
	1	38,77	18,98	17,18	75,38	38,77	18,98	17,18	75,38	38,77	18,98	17,18	75,38
	2	85,40	34,94	33,19	156,83	62,09	23,02	25,18	107,66	124,18	46,05	50,37	215,33
	3	90,58	43,92	15,53	165,27	71,58	27,65	21,97	126,29	214,75	82,95	65,90	378,86
Ollanta	4	105,45	40,65	54,02	181,43	80,05	28,20	37,71	140,07	320,20	112,80	150,86	560,29
	5	87,66	30,24	49,93	138,50	81,57	26,80	42,06	134,43	407,86	134,02	210,29	672,15
	6	96,15	48,73	18,90	191,61	84,00	26,28	50,21	127,24	504,01	157,68	301,28	763,43
	7	85,37	40,14	25,46	172,59	84,20	24,76	53,10	125,79	589,38	173,31	371,69	880,54

A lo largo de 5 años de crecimiento de *S. parahyba* en la plantación agroforestal del Sector Víctor Raúl Haya de la Torre (VRHT), el máximo IMA ($60,64 \text{ cm}^2 \text{ año}^{-1}$) se alcanzó en el último año evaluado, lo que indica que en realidad el máximo IMA podría alcanzarse a una edad superior a 5 años. El mínimo IMA ($31,90 \text{ cm}^2 \text{ año}^{-1}$) se presentó en el 1° año (Tabla 7).

En el caso de la plantación agroforestal del sector Ollanta, *S. parahyba* de 7 años de edad alcanzó el máximo IMA ($84,20 \text{ cm}^2 \text{ año}^{-1}$) en el último año de estudio, indicando que el máximo IMA del área basal puede lograrse en el año 7 o a mayor edad; el mínimo IMA ($38,77 \text{ cm}^2 \text{ año}^{-1}$) fue alcanzado durante el 1° año de crecimiento (Tabla 7).

Contrastando los resultados de ambos sectores, el máximo IMA del área basal en árboles de *S. parahyba* se presenta a una edad de 7 o más años.

Tabla 7. Incremento medio anual (IMA) máximo, promedio y mínimo del área basal (AB), en $\text{cm}^2 \text{ año}^{-1}$, desviación estándar (DE) en $\text{cm}^2 \text{ año}^{-1}$, edad de los árboles, diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio en cm, y número de árboles evaluados, por sector.

Sector	IMA AB máximo	Edad de máximo IMA AB	IMA AB promedio	IMA AB mínimo	Edad de mínimo IMA AB	DE	Edad	DAP promedio seco al aire y sin corteza	Número de árboles
Víctor Raúl Haya de la Torre	60,64	5	47,27	31,90	1	14,40	5	19,48	9
Ollanta	84,20	7	71,75	38,77	1	25,10	7	27,13	11

El análisis de comparación nos demuestra que no existieron diferencias significativas del ICA entre los sectores VRHT y Ollanta, excepto en el 2° y 4° año, cuando los árboles de la plantación del sector Ollanta crecieron a una tasa significativamente mayor que los árboles de la plantación del sector VRHT (Tabla 8 y Figura 14). En relación al IMA, las diferencias fueron similares a lo observado en el ICA; sólo se presentaron diferencias significativas entre ambos sectores en el 2° y 4° año de crecimiento, con mayor IMA en los árboles del sector Ollanta; y sin diferencias significativas en el 1°, 3° y 5° año (Tabla 8 y Figura 15).

Debido a la menor edad de los árboles de la planta de VRHT, no se pudo comparar el crecimiento a mayores edades.

Tabla 8. Comparación del incremento medio anual del área basal ($\text{cm}^2 \text{ año}^{-1}$) e incremento corriente anual del área basal (cm^2) de *Schizolobium parahyba*, entre los sectores evaluados

Edad	Sector	Incremento medio anual			Incremento corriente anual		
		Promedio	Sig.	DE	Promedio	Sig.	DE
1	VRHT	31,90	ns	18,98	31,90	ns	18,98
	Ollanta	38,77		15,34	38,77		15,34
2	VRHT	37,77	p<0.05	13,27	43,64	p<0.01	13,74
	Ollanta	62,09		23,02	85,40		34,94
3	VRHT	50,44	ns	13,85	75,79	ns	17,25
	Ollanta	71,58		27,65	90,58		43,92
4	VRHT	55,61	p<0.05	13,12	71,10	p<0.05	21,58
	Ollanta	80,05		28,20	105,45		40,65
5	VRHT	60,64	ns	16,42	80,78	ns	35,07
	Ollanta	81,57		26,80	87,66		30,24
6	VRHT	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Ollanta	84,00		26,28	96,15		48,73
7	VRHT	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Ollanta	84,20		24,76	85,37		40,14

VRHT: Sector Víctor Raúl Haya de la Torre

Sig: Significancia o valor p (si $p < 0,05$ las diferencias son significativas al 0,05 de significancia, si $p < 0,01$ las diferencias son significativas al 0,01 de significancia)

ns: No significativo

NA: No aplica debido a que no hay datos disponibles

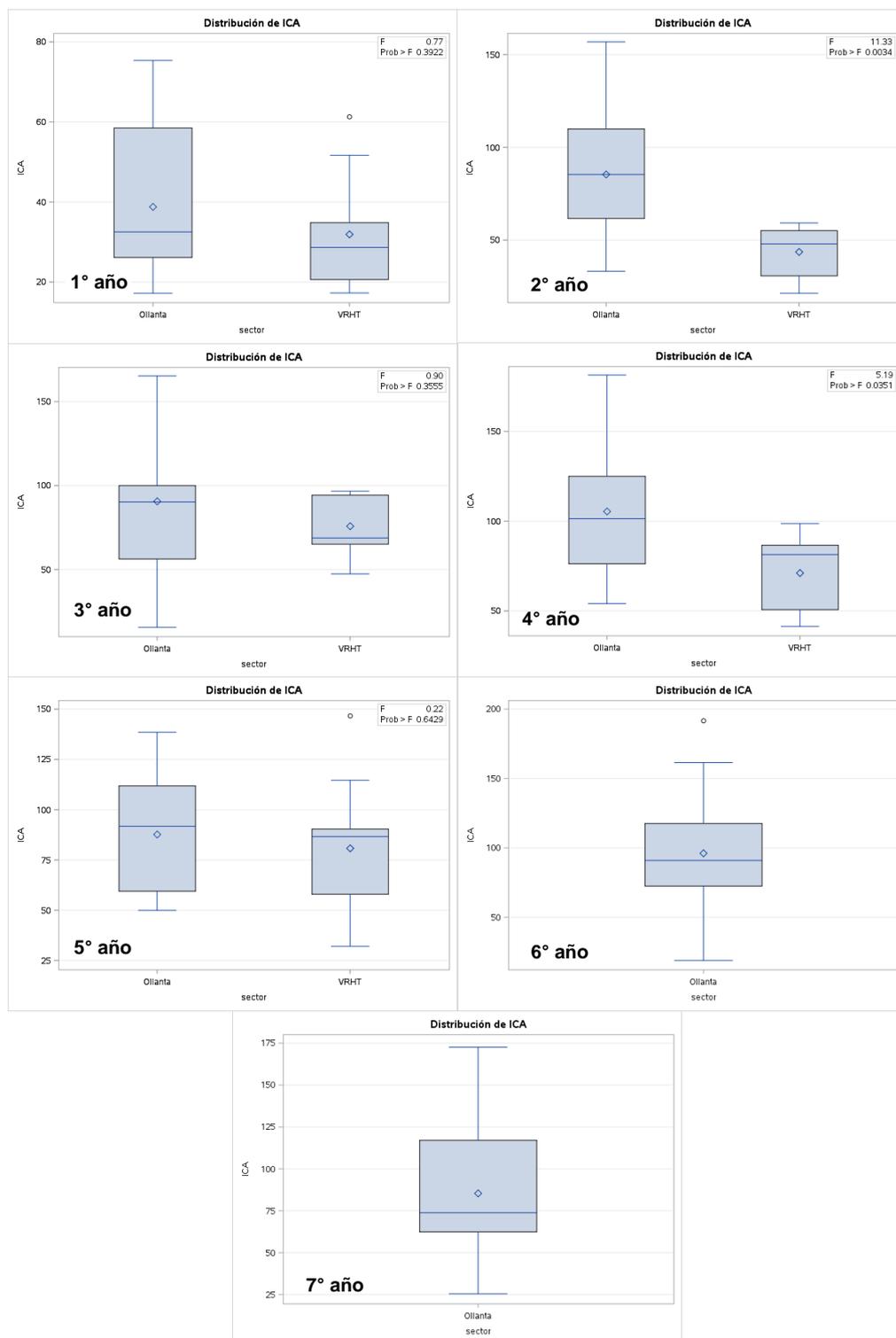


Figura 14. Comparación del incremento corriente anual (ICA) del área basal entre los sectores Víctor Raúl Haya de la Torre y Ollanta, por edad. En la esquina superior derecha se indica la significancia (Prob > F), valor p menor a 0,05 indica diferencias no significativas entre las medias. Para el sexto y séptimo año no se cuenta con datos disponibles para árboles del sector Víctor Haya de la Torre, debido a la menor edad de los árboles.

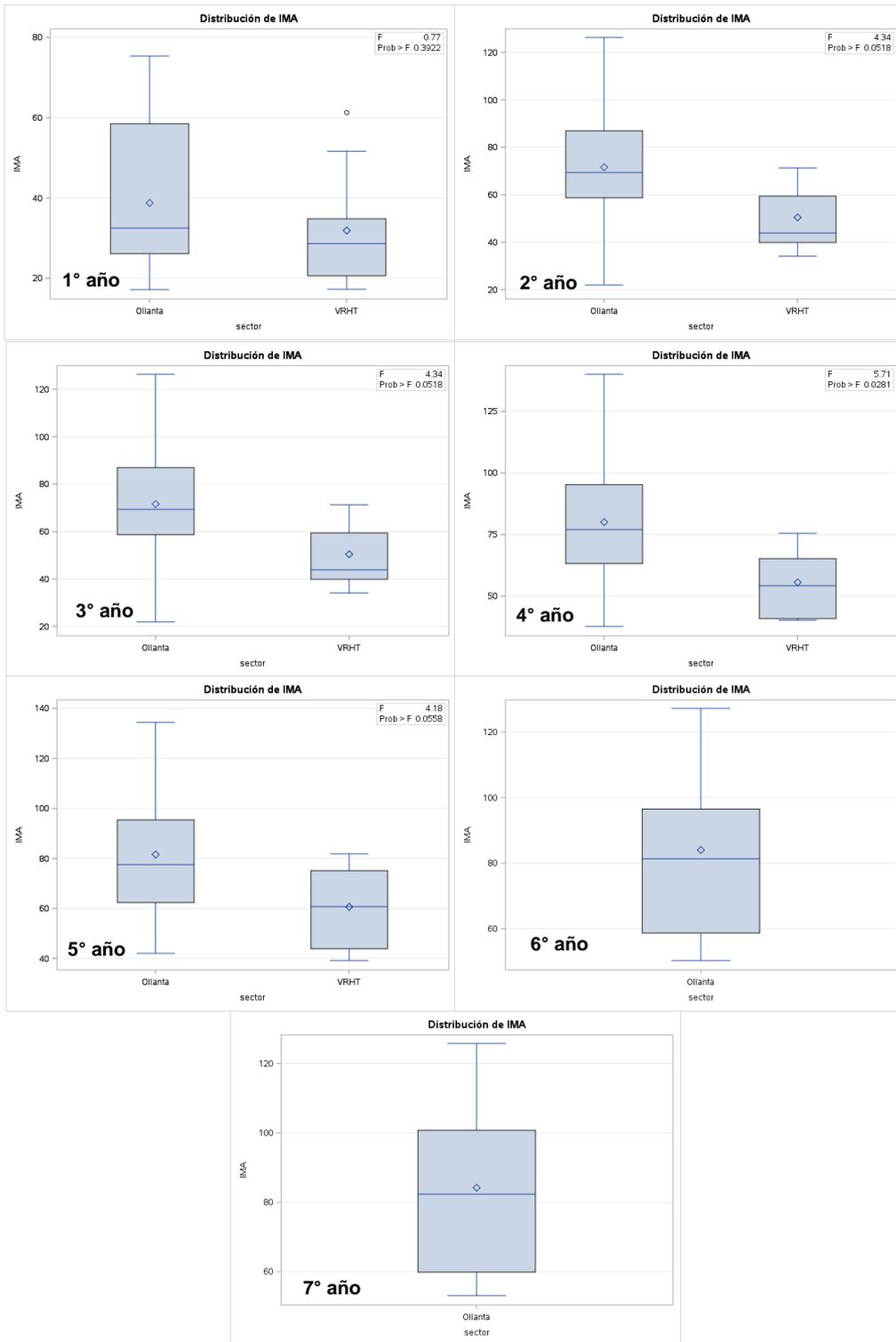


Figura 15. Comparación del incremento medio anual (IMA) del área basal entre los sectores Víctor Raúl Haya de la Torre y Ollanta, por edad. En la esquina superior derecha se indica la significancia (Prob > F), valor de p menor a 0,05 indica diferencias no significativas entre las media. Para el sexto y séptimo año no se cuenta con datos disponibles para arboles del sector Víctor Haya de la Torre, debido a la menor edad de los árboles.

La edad de rotación o turno técnico, se produce en la intersección de la curva del ICA con el IMA, que coincide con el máximo IMA y el punto de inflexión de la curva de rendimiento. También puede ser definido como el tiempo en que el rodal alcanza el máximo Incremento Medio Anual (IMA) del crecimiento volumétrico (diámetro), con los tratamientos silvícolas elegidas (Prodan, Michail et al. 1997), en este instante se puede trazar la tangente en la curva de rendimiento. En nuestro estudio con árboles jóvenes de 5 y 7 años de edad respectivamente en los sectores VRHT y Ollanta, mostraron que la edad de rotación de *S. parahyba* creciendo en plantaciones agroforestales se produce alrededor del 7° año o por encima de esta edad (Figura 16).

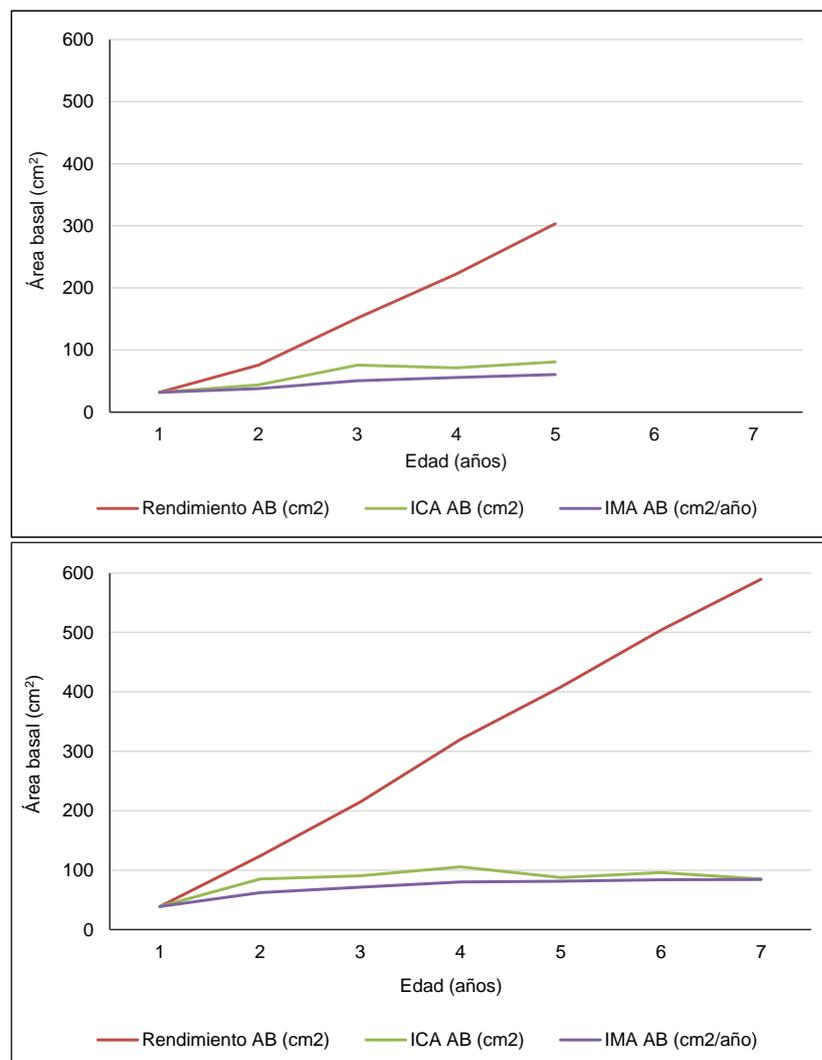


Figura 16. Rendimiento (mm), Incremento corriente anual (ICA) (mm), e Incremento medio anual (IMA) (mm/año).en el sector Ollanta.

Anteriores estudios mostraron que en árboles maduros de *S. parahyba* de bosques naturales los anillos de crecimiento son fácilmente distinguibles (Brienen et al., 2009; Lisi, Tomazello Fo., et al., 2008; Tomazello Filho, Lisi, Hansen, y Cury, 2004); en contraste nuestra investigación revela que los anillos de crecimiento de esta especie también pueden ser fácilmente distinguibles desde tempranas etapas de desarrollo (5 y 7 años), en plantaciones agroforestales manejadas (Figura 9 y 10); además en árboles jóvenes las características de los anillos de crecimiento como delimitación por bandas de parénquima, asociado con región de fibras de pared celular gruesa (Figura 10) son similares a lo reportado en anteriores estudios en árboles de mayor edad creciendo en bosques naturales de la Mata Atlántica y Cerrado de Brasil (Lisi, Tomazello Fo., et al., 2008; Tomazello Filho, Lisi, Hansen, y Cury, 2004), lo que indicaría la uniformidad de formación del xilema en esta especie a pesar de los factores de sitio y clima.

Por otro lado, el número de anillos de crecimiento coincidió perfectamente con la edad de la plantación, de esta forma el presente estudio confirma la anualidad de la formación de los anillos de crecimiento en *S. parahyba* al igual que muchos estudios previos que demostraron, mediante otras metodologías, la anualidad de los anillos de crecimiento en esta especie (Lisi, Tomazello Filho., et al. 2008; Marcati, Milanez y Machado 2008).

La baja-media intercorrelación de las series cronológicas (0,33 y 0,47 respectivamente en los sectores VRHT y Ollanta) muestra que a pesar de la uniformidad de sitio y factores ambientales, la especie tiene una alta variabilidad de patrones de crecimiento entre individuos; sin embargo la corta edad de los árboles muestreados también podría haber contribuido a disminuir la intercorrelación entre las series cronológicas, pues en otros estudios dendrocronológicos en *S. parahyba* de bosque natural mostraron un mayor coeficiente de intercorrelación, como por ejemplo en árboles de 21 años de edad, se obtuvo una intercorrelación de 0,51 (Costa, Ferreira, Botosso, y Callado, 2015) mayor a lo encontrado en el presente estudio.

La medición de los anillos de crecimiento permitió obtener las tasas de crecimiento de los árboles en cada año de crecimiento, así tanto en el sector VRHT como en Ollanta, durante los 7 primeros años de crecimiento hubo un incremento medio anual sostenido del área basal de los árboles de *S. parahyba*, sin embargo el máximo incremento corriente anual es alcanzado entre el 3° y 4° año de edad para posteriormente presentar una disminución del crecimiento (Figura 12); este patrón del incremento corriente anual también fue observado en árboles de misma especie en la Mata Atlántica presentando la más altas tasas de incremento radial durante los primeros 5 años (Costa, Ferreira, Botosso, y Callado, 2015). Los incrementos medios anuales hasta el 5° año (3,90 y 4,50 cm² año⁻¹ respectivamente en los sectores VRHT y Ollanta) y 7° año de crecimiento (3,88 cm² año⁻¹ en el sector Ollanta) fueron muy altos comparados a otros estudios realizados en *S. parahyba* de bosques naturales, por ejemplo 0,72 cm año⁻¹ (Pineda-Herrera et al. 2015) o de 2,88 cm año⁻¹ a los 8 años (Justiniano et al. 2001), 3 cm año⁻¹ a los 3 años de crecimiento (Romero-Seas et al. 2015) reportado en la Amazonía boliviana; sin embargo en la Amazonía brasilera, *Schizolobium amazonicum* especie muy similar a *S. parahyba*, en plantaciones mixtas consigue un IMA del DAP de 4,30 cm² año⁻¹ a los 5 años (Sabogal et al. 2006) valor cercano a lo encontrado en el presente estudio. En este contexto, los resultados indican que *S. parahyba* instalado en plantaciones agroforestales, crece a tasas ligeramente por encima de la media registrada en otras regiones amazónicas, debido a que la asociación con cultivos agrícolas promueve un rápido desarrollo de los árboles de esta especie en comparación con plantaciones puras o mixtas sin asociación con cultivos agrícolas donde el crecimiento se produce a tasas más bajas (Cordeiro et al. 2016). Valores superiores sólo fue reportado en un bosque de la Mata Atlántica, donde *S. parahyba* durante los primeros 10 años creció a una tasa de 7,65 cm año⁻¹, ligeramente mayor al valor promedio del IMA del DAP a lo largo de 7 años encontrado en la presente investigación (5,14 cm año⁻¹).

Por otro lado, el crecimiento *S. parahyba* instalado en plantaciones agroforestales, en general no difiere significativamente entre los dos sitios

evaluados, a pesar de estar asociado a diferentes cultivos (cítricos en el sector VRHT, y cacao en el sector Ollanta).

La edad de rotación mínimo (turno técnico) de 7 años encontrado en el presente estudio, es ligeramente superior a lo reportado en anteriores estudios en Brasil: una media de 6 años como edad óptima para aprovechamiento (Sabogal et al. 2006). Aun así, después de 7 años de crecimiento *S. parahyba*, muestra altos rendimientos de área basal en turno a 589 cm² o su equivalente a 27,13 cm de DAP, dimensiones adecuadas para su aprovechamiento como madera aserrada.

Los registros meteorológicos de precipitación y temperatura mensual desde el año 2010 a 2017 mostraron patrones bien definidos del clima, caracterizándose por una época lluviosa con altos niveles de precipitación y temperatura en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, y época seca con bajos niveles de precipitación y temperatura en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y setiembre (Figura 17).

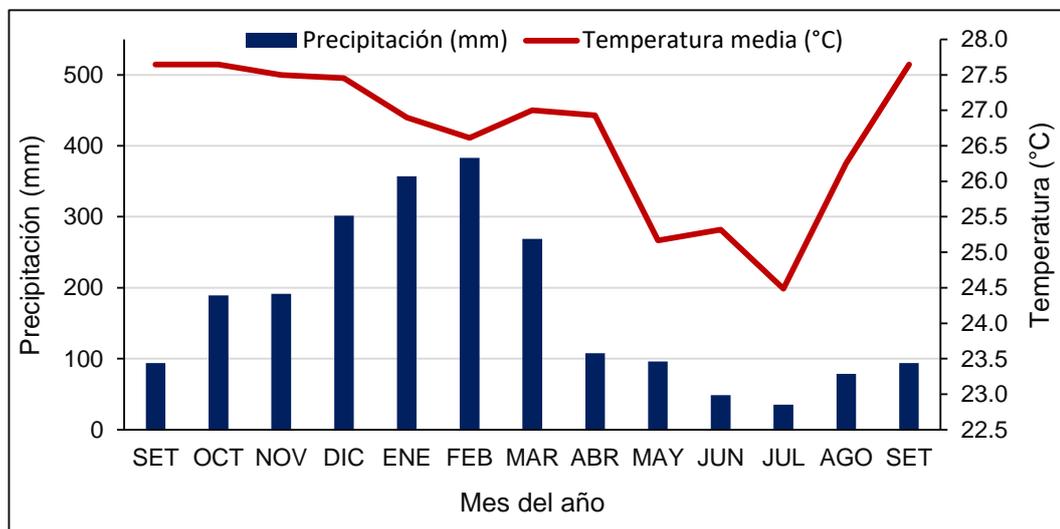


Figura 17. Precipitación mensual acumulada (mm) y temperatura media (°C), registrados en la estación meteorológica Puerto Maldonado (2010-2017).

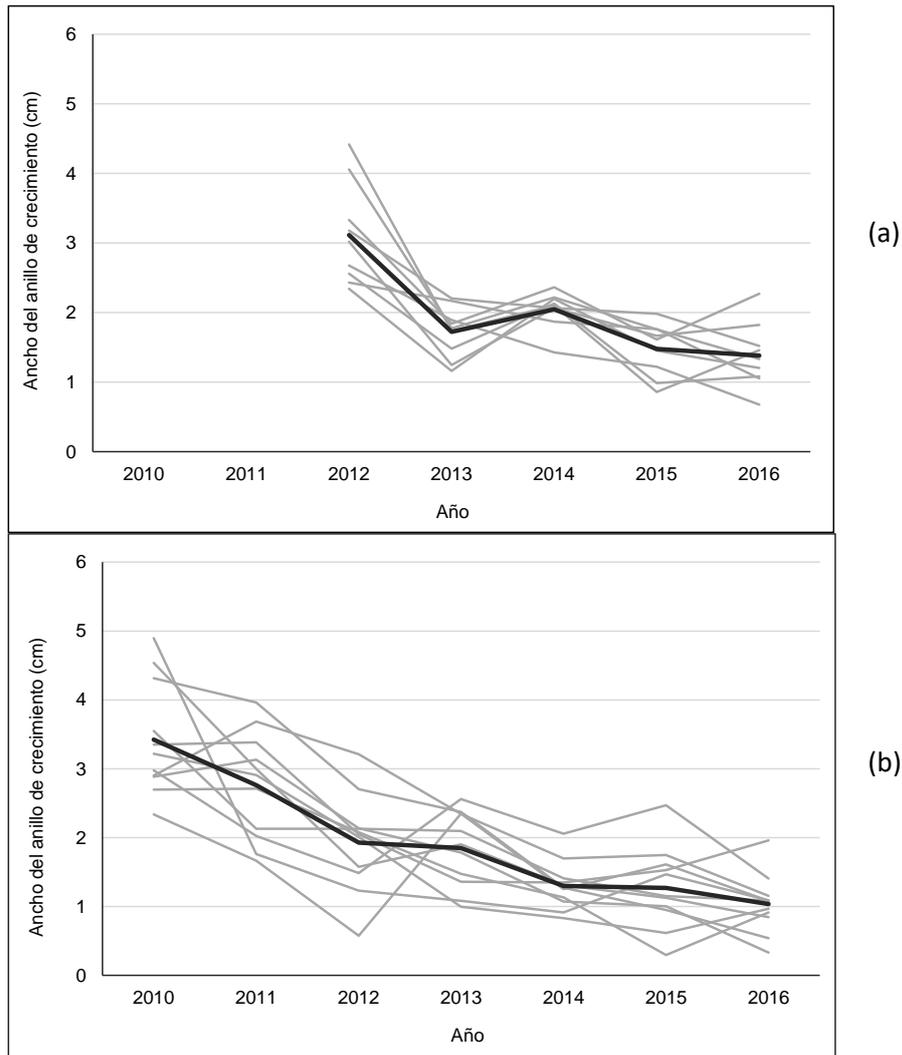


Figura 18. Series cronológicas de los anillos de crecimiento de *Schizolobium parahyba*, en el sector Víctor Raúl Haya de la Torre (a) y en el sector Ollanta (b). Las líneas negras representan la media.

Análisis de correlación simple entre las cronologías de los anillos de crecimiento (Figura 18) y temperatura mensual, reveló una influencia negativa significativa en el mes de julio del año actual del periodo de crecimiento en el ancho de los anillos de crecimiento en el sector VRHT. Asimismo se observó que también en otros meses como setiembre, octubre del año anterior del periodo de crecimiento, y enero, febrero del año actual del periodo de crecimiento, hubo una influencia negativa sin embargo no significativa, lo que en general indica que a mayor temperatura menor crecimiento en diámetro (Figura 19).

La precipitación mensual no fue significativamente correlacionada con el ancho de los anillos de crecimiento, sin embargo se presentaron altos coeficientes de correlación positivos en los meses de diciembre del año anterior del periodo de crecimiento, así como enero y febrero del año actual del periodo de crecimiento; estos meses se caracterizan por altos niveles de precipitación, lo que indica que en cierta forma altos niveles de precipitación están relacionados con un mayor crecimiento en diámetro (Figura 19).

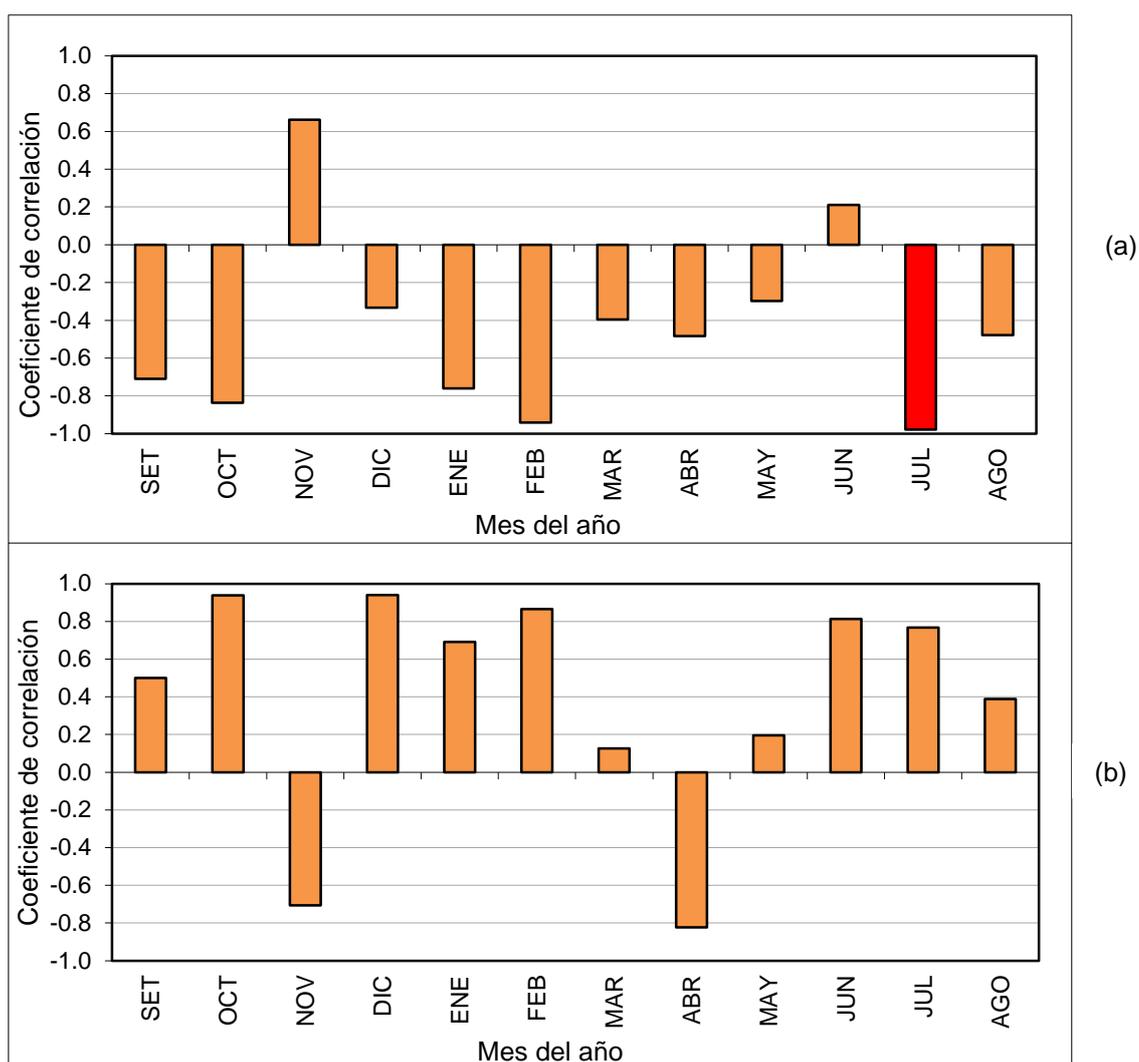


Figura 19. Coeficiente de correlación de Pearson entre la temperatura y el ancho de los anillos de crecimiento (a), y entre la precipitación y el ancho de los anillos de crecimiento (b), de *Schizolobium parahyba* en el sector Víctor Raúl Haya de la Torre.

En el sector Ollanta, correlaciones negativas significativas ($p < 0,01$) entre la temperatura mensual y el ancho de los anillos de crecimiento fueron

encontrados en los meses de febrero, marzo y abril del año actual del periodo de crecimiento. Asimismo, en los meses más calientes desde setiembre del año anterior del periodo de crecimiento hasta abril del año actual del periodo de crecimiento la temperatura se correlaciono negativamente con el crecimiento, sin embargo no fue significativo, similar a lo reportado en el sector VRHT. Además se observó que en los meses menos calientes (mayo, junio y julio), los coeficientes de correlación fueron cercanos a cero (Figura 20).

Por otro lado, a diferencia de la temperatura, la precipitación no se correlacionó significativamente con el crecimiento; además los coeficientes de correlación no mostraron un patrón claro de variación con la precipitación en todos los meses del año (Figura 20).

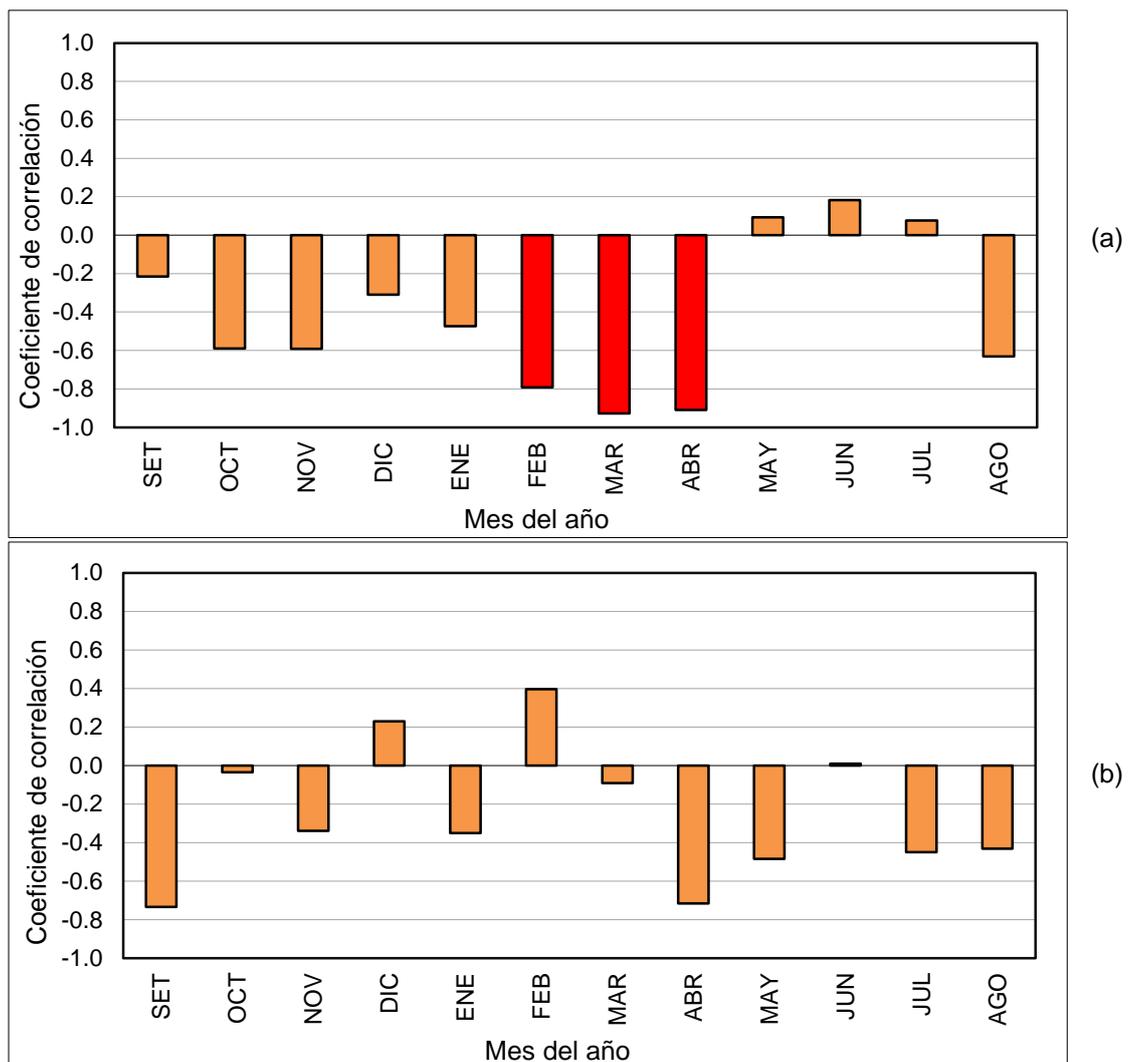


Figura 20. Coeficiente de correlación de Pearson entre la temperatura y el ancho de los anillos de crecimiento (a), y entre la precipitación y el ancho de los anillos de crecimiento (b), de *Schizolobium parahyba* en el sector Ollanta.

En general los resultados mostraron que el crecimiento de *S. parahyba* no es afectado significativamente por la precipitación, aunque existe una relación positiva entre el crecimiento y precipitación principalmente en los meses de verano (o época lluviosa); este resultado es concordante con otros estudios realizados con árboles de *S. parahyba* de bosques naturales (Romero-Seas et al. 2015). El hecho de que la precipitación no influya significativamente en el crecimiento puede ser indicación que a lo largo de la vida de los árboles, no existe déficit hídrico severo en el suelo, por lo que el crecimiento no es restringido por variabilidad del volumen de precipitación intra-anual. En contraste, la temperatura sí afectó significativamente el crecimiento secundario de los árboles de *S. parahyba*, con correlación negativa significativa en los meses de invierno (o época seca) (Figura 19) cuando la temperatura alcanza valores bajos de alrededor de 24,5°C (Figura 17), y también en los primeros meses del año con temperatura en torno a 26,5°C (Figura 17); en estos meses leves incrementos de la temperatura afectan el desarrollo de los árboles disminuyendo la tasa de crecimiento (Figura 20), debido a que en estos meses los árboles tienen menor disponibilidad de agua y por tanto una mayor temperatura del aire aumenta el déficit de presión de vapor afectando directamente los procesos fotosintéticos (Battie-Laclau et al. 2014).

Aunque la tasa anual de crecimiento radial puede verse influenciada por las condiciones ambientales locales (por ejemplo, topografía, disponibilidad de nutrientes y competencia entre árboles), en muchas especies, la disponibilidad de agua parece ser el factor principal. Varios autores afirman que la menor precipitación durante el invierno reduce fuertemente la tasa de crecimiento radial de muchas especies de árboles en el Neotrópico (Détienne 1989), con una disminución de la actividad del cambium vascular durante los períodos de baja precipitación durante la época seca (Lisi, Tomazello Filho., et al. 2008). En el presente estudio la temperatura tuvo un rol más importante en la actividad cambial que la precipitación; siendo que

durante el año la temperatura desciende durante los meses de menor precipitación. Por tanto estos resultados, indicarían que en estas plantaciones agroforestales evaluadas, el crecimiento de *S. parahyba* se acelera durante la estación lluviosa (octubre a marzo) y se enlentece durante la época seca (abril a setiembre). Estas hipótesis con concordantes con los resultados encontrados en un importante estudio en *S. parahyba*, que muestra que la más alta actividad del cambium, responsable del crecimiento secundario, ocurre durante los meses de enero a marzo, formando la madera temprana, posteriormente durante la actividad más baja del cambium, que ocurre durante mayo y junio se forma la madera tardía, que marca el límite del anillo de crecimiento (Marcati, Milanez y Machado 2008).

En general diversas investigaciones apuntan que el inicio la actividad cambial coincide con el inicio de la estación lluviosa y que la actividad cambial cesa o se reduce drásticamente durante la estación seca, de esta forma el límite de los anillos de crecimiento de muchas especies tropicales se forma durante junio, julio y agosto (Lisi, Tomazello Filho., et al. 2008; Détienne 1989).

CONCLUSIONES

A lo largo del tiempo de desarrollo de *S. parahyba*, el incremento corriente anual del área basal se caracteriza por un aumento progresivo hasta el 3° y 4° año de crecimiento, alcanzando a esta edad los máximos valores de incremento corriente anual, entre 75,79 cm² y 105,45 cm², y posteriormente una leve disminución hasta el 7° año.

El incremento medio anual del área basal tuvo siempre una tendencia de aumento hasta el último año de evaluación, sin embargo hacia el 7° año el incremento medio anual sólo aumenta muy levemente, indicando que a esta edad se alcanzaría el máximo valor de incremento medio anual, entre 60,64 cm² año⁻¹ y 84,20 cm² año⁻¹, o caso contrario a una edad superior.

Las curvas del incremento corriente anual e incremento medio anual demostraron que el incremento medio anual máximo ocurre en el 7° año (punto donde se intersectan las curvas), por lo tanto la edad de rotación o turno técnico de *S. parahyba* se produce a los 7 años o por encima de esa edad, este valor es posible al fácil manejo y por encontrarse asociadas con cultivos agrícolas y permanentes que lo diferencian con los turnos técnicos (6 - 8 años) y silviculturales (15 – 18 años) en bosque naturales.

En general el crecimiento de *S. parahyba* en los sectores de Víctor Raúl Haya de la Torre y Ollanta, no difieren significativamente entre sí, a excepción del 2 y 4° año donde los árboles de la plantación del sector Ollanta mostraron mayores tasas de crecimiento.

La precipitación y temperatura mensual tuvieron altas correlaciones con el incremento radial de los árboles, sin embargo sólo la temperatura influyó significativamente en el crecimiento de *S. parahyba*, con disminución de la tasa de crecimiento a mayor temperatura, en los meses de febrero, marzo y abril para el sector de Víctor Raúl Haya de la Torre, y en julio para el sector Ollanta.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, podemos concluir y aceptar las hipótesis; H1: El incremento medio anual del área basal puede determinarse con precisión en los árboles de *Schizolobium parahyba* (Vell.)

S.F. Blake que forman anillos de crecimiento distinguibles y, **H2:** El incremento corriente anual del área basal puede determinarse con precisión en los árboles de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake que forman anillos de crecimiento distinguibles. Mientras que no se acepta las hipótesis; **H3:** La edad de rotación de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake en plantaciones agroforestales es de 5 años y, **H4:** El crecimiento de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake en plantaciones agroforestales es influenciado por la precipitación.

SUGERENCIAS

En posteriores estudios se debe considerar realizar análisis de la humedad del suelo para descartar posibles factores que afecten la disponibilidad de agua en los árboles, y determinar medir de manera más precisa el efecto de la precipitación en el crecimiento de los árboles. Asimismo realizar análisis físico químico del suelo para determinar la disponibilidad de nutrientes en los árboles e inferir sobre su efecto en el crecimiento de los árboles.

Es recomendable realizar estudios similares a edades mayores a 7 años, para conocer las tasas de crecimiento y efecto del clima en un mayor periodo de tiempo.

A partir de los resultados del presente estudio, es recomendable el establecimiento de plantaciones en asociación de cultivos agrícolas, puesto que la especie *S. parahyba* demostró altas tasa de crecimiento, siendo posible su aprovechamiento en un corto plazo alrededor del 7° año, generando beneficios económicos y ambientales por la recuperación de áreas degradadas y stock de carbono en un corto plazo.

Por último es recomendable realizar otros estudios similares en plantaciones puras o mixtas en Madre de Dios u otras regiones amazónicas, para conocer el comportamiento de la especie en este tipo de asociaciones, y comparar con los resultados encontrados en plantaciones agroforestales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, M. y KIKATA, Y., 1994. *Atlas de Maderas del Perú*. Lima: s.n.
- BATTIE-LACLAU, P., LACLAU, J.P., BERI, C., MIETTON, L., MUNIZ, M.R.A., ARENQUE, B.C., DE CASSIA PICCOLO, M., JORDAN-MEILLE, L., BOUILLET, J.P. y NOUVELLON, Y., 2014. Photosynthetic and anatomical responses of *Eucalyptus grandis* leaves to potassium and sodium supply in a field experiment. *Plant, Cell and Environment*, vol. 37, no. 1, pp. 70–81. ISSN 13653040. DOI 10.1111/pce.12131.
- BINKLEY, D., STAPE, J.L. y RYAN, M.G., 2004. Thinking about efficiency of resource use in forests. *Forest Ecology and Management*, vol. 193, no. 1, pp. 5–16. ISSN 03781127. DOI 10.1016/j.foreco.2004.01.019.
- BOWYER, J.L., SHMULSKY, R. y HAYGREEN, J.G., 2007. *Forest Products and Wood Science: An Introduction*. S.I.: Wiley. ISBN 9780813820361.
- BRIENEN, R.J.W., LEBRIJA-TREJOS, E., BREUGEL, M. van, PÉREZ-GARCÍA, E.A., BONGERS, F., MEAVE, J.A. y MARTÍNEZ-RAMOS, M., 2009. The potential of tree rings for the study of forest succession in southern Mexico. *Biotropica*, vol. 41, no. 2, pp. 186–195. ISSN 00063606. DOI 10.1111/j.1744-7429.2008.00462.x.
- BROWN, P.M., 2003. Introduction to dendrochronology lecture 1: Basic terminology and concepts. . Rocky Mountain:
- CABRERA, C., 2003. Plantaciones forestales: Oportunidades para el desarrollo sostenible. . Guatemala:
- CAMPOE, O.C., MUNHOZ, J.S.B., ALVARES, C.A., CARNEIRO, R.L., DE MATTOS, E.M., FERREZ, A.P.C. y STAPE, J.L., 2016. Meteorological seasonality affecting individual tree growth in forest plantations in Brazil. *Forest Ecology and Management*, vol. 380, no. 2016, pp. 149–160. ISSN 03781127. DOI 10.1016/j.foreco.2016.08.048.
- CARDOSO, F.C.G., MARQUES, R., BOTOSSO, P.C. y MARQUES, M.C.M., 2012. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. *Plant and Soil*, vol. 354, no. 1–2, pp. 269–281. ISSN 0032-079X. DOI 10.1007/s11104-011-1063-9.
- COOK, E.R., COOK y R., E., 2006. Dendrochronology and

- Dendroclimatology. *Encyclopedia of Environmetrics*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, ISBN 9780470057339.
- CORDEIRO, M.C.-C., OLIVEIRA JUNIOR, M.C.M. de, GAZEL FILHO, A.B., BARROS, P.L.C. de, LAMEIRA, O.A. y OLIVEIRA, F. de A., 2016. Crecimiento del *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* cultivado en presencia de *Ananas comosus* var. *erectifolius* en Pará, Brasil. *Agrociencia*, vol. 50, pp. 79–88.
- COSTA, C.G., CALLADO, C.H., SCARANO, F.R. y DA SILVA NETO, S.J., 2004. RADIAL GROWTH DYNAMICS OF *TABEBUIA UMBELLATA* (BIGNONIACEAE), A FLOOD-TOLERANT TREE FROM THE ATLANTIC FOREST SWAMPS IN BRAZIL. *IAWA Journal*, vol. 25, no. 2, pp. 175–183. ISSN 0928-1541. DOI 10.1163/22941932-90000359.
- COSTA, M.S., FERREIRA, K.E.B., BOTOSSO, P.C. y CALLADO, C.H., 2015. Growth analysis of five Leguminosae native tree species from a seasonal semideciduous lowland forest in Brazil. *Dendrochronologia*, vol. 36, pp. 23–32. ISSN 16120051. DOI 10.1016/j.dendro.2015.08.004.
- CRISTIANO, P., MADANES, N., CAMPANELLO, P., DI FRANCESCANTONIO, D., RODRÍGUEZ, S., ZHANG, Y.-J., CARRASCO, L. y GOLDSTEIN, G., 2014. High NDVI and Potential Canopy Photosynthesis of South American Subtropical Forests despite Seasonal Changes in Leaf Area Index and Air Temperature. *Forests*, vol. 5, no. 2, pp. 287–308. ISSN 1999-4907. DOI 10.3390/f5020287.
- DÉTIENNE, P., 1989. Appearance and Periodicity of Growth Rings in some Tropical Woods. *IAWA Journal*, vol. 10, no. 2, pp. 123–132. ISSN 0928-1541. DOI 10.1163/22941932-90000480.
- DIÉ, A., DE RIDDER, M., CHERUBINI, P., KOUAMÉ, F.N., VERHEYDEN, A., KITIN, P., TOIRAMBE, B.B., VAN DEN BULCKE, J., VAN ACKER, J. y BEECKMAN, H., 2015. Tree rings show a different climatic response in a managed and a non-managed plantation of teak (*Tectona grandis*) in West Africa. *IAWA Journal*, vol. 36, no. 4, pp. 409–427. ISSN 22941932. DOI 10.1163/22941932-20150111.
- DÜNISCH, O., MONTÓIA, V.R. y BAUCH, J., 2003. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L.

- (Meliaceae) in the central Amazon. *Trees*, vol. 17, no. 3, pp. 244–250. ISSN 1432-2285. DOI 10.1007/s00468-002-0230-2.
- FLORES, Y.B., 2011. Crecimiento y productividad de plantaciones forestales en la amazonía peruana. . S.l.:
- FRITTS, H.C., 1976. *Tree rings and climate*. S.l.: Academic Press. ISBN 9780122684500.
- GONÇALVES, J.L. de M., STAPE, J.L., LACLAU, J.-P., SMETHURST, P. y GAVA, J.L., 2004. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. *Forest Ecology and Management*, vol. 193, no. 1, pp. 45–61. ISSN 03781127. DOI 10.1016/j.foreco.2004.01.022.
- HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C y BATISTA, P. 2010. *Metodología de la Investigación*. [ed.] J. Mares Chacón. Quinta edición ed. Mexico : McGraw-Hill/Interamericana Editores, SA de CV, 2010.
- HLAING, Z.C., TEPLYAKOV, V.K. y THANT, N.M.L., 2014. Influence of climate factors on tree-ring growth in teak (*Tectona grandis* L. f.) plantations in the Bago Yoma Range, Myanmar. *Forest Science and Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 40–45. ISSN 2158-0103. DOI 10.1080/21580103.2013.834275.
- HOLMES, R.L., ADAMS, R.K. y FRITTS, H.C., 1986a. Quality control of crossdating and measuring: a user's manual for program COFECHA. *Tree-ring chronologies of Western North America: California, Eastern Oregon an northern Great Basin*. Tucson: Arizona University, pp. 15–35.
- HOLMES, R.L., ADAMS, R.K. y FRITTS, H.C., 1986b. Users Manual for Program ARSTAN. *Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin*. S.l.: University of Arizona, pp. 50–65.
- JACOBY, G.C., 1989. Overview of tree-ring analysis in tropical regions. *Iawa Journal*, vol. 10, no. 2, pp. 99–108.
- JUSTINIANO, M.J., PARIONA, W., FREDERICKSEN, T.S. y NASH, D.G., 2001. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas: Serebó o Sombrerillo *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake Caesalpiniaceae. . Santa Cruz, Bolivia:

- KING, G., FONTI, P., NIEVERGELT, D., BÜNTGEN, U. y FRANK, D., 2013. Climatic drivers of hourly to yearly tree radius variations along a 6°C natural warming gradient. *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 168, pp. 36–46. ISSN 01681923. DOI 10.1016/j.agrformet.2012.08.002.
- KNOTT, R., 2004. Seasonal dynamics of the diameter increment of fir (*Abies alba* mill.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) in a mixed stand. *Journal of Forest Science*, vol. 50, no. 4, pp. 149–160. ISSN 12124834.
- LISI, C.S., TOMAZELLO, F.M., BOTOSSO, P.C., ROIG, F.A., MARIA, V.R.B., FERREIRA-FEDELE, L. y 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*, vol. 29, no. 2, pp. 189–207. ISSN 09281541. DOI 10.1163/22941932-90000179.
- LISI, C.S., TOMAZELLO FILHO., M., BOTOSSO, P.C., ROIG, F.A., MARIA, V.R.B., FERREIRA-FEDELE, L. y 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*, vol. 29, no. 2, pp. 189–207. ISSN 09281541. DOI 10.1163/22941932-90000179.
- LOURDES, M. De, RUIVO, P., OLIVEIRA, S. y C, I.M.C.C.C., 2010. Evaluation of growth of paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber (Duck)) in different agroforestry systems in northeast of Pará , Brazil. *World*, no. August, pp. 56–58.
- MARCATI, C.R., MILANEZ, C.R.D. y MACHADO, S.R., 2008. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae: Caesalpinioideae). *Trees - Structure and Function*, vol. 22, no. 1, pp. 3–12. ISSN 09311890. DOI 10.1007/s00468-007-0173-8.
- MEDZEGUE, M.J., GRELIER, S., M'BATCHI, B., NZIENGUI, M. y STOKES, A., 2007. Radial growth and characterization of juvenile and adult wood in plantation grown okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre) from Gabon. *Annals of Forest Science*, vol. 64, no. 8, pp. 815–824. ISSN 1286-4560. DOI 10.1051/forest:2007065.

- PALOMINO, J.Y. y BARRA, M.C., 2003. Especies Forestales Nativas con Potencial para Reforestación en la Provincia de Oxapampa y Fichas Técnicas de las especies de Mayor Prioridad. , pp. 104.
- PARIONA, W., FREDERICKSEN, T.S. y LICONA, J.C., 2003. Natural regeneration and liberation of timber species in logging gaps in two Bolivian tropical forests. *Forest Ecology and Management*, vol. 181, no. 3, pp. 313–322. ISSN 03781127. DOI 10.1016/S0378-1127(03)00002-1.
- PINEDA-HERRERA, E., VALDEZ-HERNÁNDEZ, J.I., LÓPEZ-LÓPEZ, M.Á., MANZANO-MÉNDEZ, F. y SALGADO-UGARTE, I.H., 2015. Incremento en diámetro y periodicidad de anillos de crecimiento de dos especies arbóreas en una selva húmeda del norte de Oaxaca, México. *Madera Bosques*, vol. 21, no. 3, pp. 55–68. ISSN 14050471.
- PRETZSCH, H., 2009. From Primary Production to Growth and Harvestable Yield and Vice Versa. *Forest Dynamics, Growth and Yield*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 41–99.
- PRODAN, M., PETERS, R., COX, F. y REAL, P., 1997. *Mensura Forestal*. San Jose, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. ISBN 9290393041.
- PRODAN, M., PETERS, R., COX, F. y REAL, P., 1997. *Mensura Forestal*. San Jose, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- REYNEL, C., PENNINGTON, R., PENNINGTON, T., FLORES, C. y DAZA, A., 2003. *Arboles útiles de la Amazonía peruana: un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies*. S.I.: Tarea Gráfica Educativa. ISBN 9789972973314.
- ROCHON, C., MARGOLIS, H.A. y WEBER, J.C., 2007. Genetic variation in growth of *Guazuma crinita* (Mart.) trees at an early age in the Peruvian Amazon. *Forest Ecology and Management*, vol. 243, no. 2–3, pp. 291–298. ISSN 03781127. DOI 10.1016/j.foreco.2007.03.025.
- ROMERO-SEAS, A., TOLEDO, M., ZUIDEMA, P.A. y VAN DER SLEEN, P., 2015. Trayectorias de crecimiento radial de especies maderables, yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*) y serebó (*Schizolobium parahyba*) en un bosque subhúmedo de la provincia Guarayos (Santa

- Cruz - Bolivia). *Ecología en Bolivia*, vol. 50, no. 1, pp. 25–38. ISSN 2075-5023.
- RONDON, E.V., 2002. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. *Revista Árvore*, vol. 26, no. 5, pp. 573–576. ISSN 0100-6762. DOI 10.1590/S0100-67622002000500007.
- SABOGAL, C., ALMEIDA, E., MARMILLOD, D. y CARVALHO, J.O., 2006. *Silvicultura na Amazônia Brasileira: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria dos sistemas*. Belém, Brasil: CIFOR. ISBN 9789792446449.
- SETTE JR, C.R., FILHO, M.T., TADEU, C. y PAUL, J., 2010. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *E. grandis* e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. *Revista Árvore*, vol. 34, no. 6, pp. 979–990. ISSN 01006762. DOI 10.1590/S0100-67622010000600003.
- SOTELO MONTES, C., HERNÁNDEZ, R.E., BEAULIEU, J. y WEBER, J.C., 2006. Genetic variation and correlations between growth and wood density of *Calycophyllum spruceanum* at an early age in the Peruvian Amazon. *Silvae Genetica*, vol. 55, no. 4–5, pp. 217–228. ISSN 00375349.
- STAPE, J.L., BINKLEY, D., RYAN, M.G., FONSECA, S., LOOS, R.A., TAKAHASHI, E.N., SILVA, C.R., SILVA, S.R., HAKAMADA, R.E., FERREIRA, J.M. de A., LIMA, A.M.N., GAVA, J.L., LEITE, F.P., ANDRADE, H.B., ALVES, J.M., SILVA, G.G.C. y AZEVEDO, M.R., 2010. The Brazil Eucalyptus Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. *Forest Ecology and Management*, vol. 259, no. 9, pp. 1684–1694. ISSN 03781127. DOI 10.1016/j.foreco.2010.01.012.
- STOKES, M.A. y SMILEY, T.L., 1996. *An Introduction to Tree-ring Dating*. S.I.: University of Arizona Press. ISBN 9780816516803.
- TANG, X., LU, Y., FEHRMANN, L., FORRESTER, D.I., GUIASOLA-RODRÍGUEZ, R., PÉREZ-CRUZADO, C. y KLEINN, C., 2016. Estimation of stand-level aboveground biomass dynamics using tree ring

- analysis in a Chinese fir plantation in Shitai County, Anhui Province, China. *New Forests*, vol. 47, no. 2, pp. 319–332. ISSN 15735095. DOI 10.1007/s11056-015-9518-0.
- TOMAZELLO FILHO, M. y BOTOSSO, P.C., 2001. análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronología e dendroclimatología. En: N.B. MAIA, H.L. MARTOS y W. BARRELA (eds.), *Indicadores ambientais: conceitos e aplicações*. S.I.: EDUC/COMPED/INEP, pp. 117–143.
- TOMAZELLO FILHO, M., LISI, C.S., HANSEN, N. y CURY, G., 2004. Anatomical features of increment zones in different tree species in the State of São Paulo, Brazil. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, no. 66, pp. 46–55. ISSN 14139324.
- VAN LAAR, A. y AKÇA, A., 2007. *Forest mensuration*. S.I.: Springer. ISBN 9781402059919.
- VENEGAS-GONZÁLEZ, A., 2013. *Dendrocronologia de árvores de Tectona grandis L. e Pinus caribaea var. hondurensis Barr. et Golf de plantações da Mata da Pedreira, Campus da ESALQ-USP, Piracicaba, SP*. S.I.: Universidade de São Paulo.
- WEBER, J.C. y MONTES, C.S., 2005. Variation and correlations among stem growth and wood traits of *Calycophyllum spruceanum* Benth. from the Peruvian Amazon. *Silvae Genetica*, vol. 54, no. 1, pp. 31–41. ISSN 00375349.
- WEBER, J.C., MONTES, C.S., CORNELIUS, J. y UGARTE, J., 2011. Genetic variation in tree growth, stem form and mortality of *Guazuma crinita* in slower-and faster-growing plantations in the Peruvian Amazon. *Silvae Genetica*, vol. 60, no. 2, pp. 70–78. ISSN 00375349.
- WEBER, J.C. y SOTELO MONTES, C., 2008. Geographic variation in tree growth and wood density of *Guazuma crinita* Mart. in the Peruvian Amazon. *New Forests*, vol. 36, no. 1, pp. 29–52. ISSN 01694286. DOI 10.1007/s11056-007-9080-5.
- WHITE, D. a, BEADLE, C.L. y WORLEDGE, D., 1996. Seasonal , Drought and Species Effects. *Tree Physiology*, vol. 16, no. 5, pp. 469–476.
- WORBES, M., 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees a

review. *IAWA journal*, vol. 16, no. 4, pp. 337–351.

WORBES, M., 1999. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology*, vol. 87, no. 3, pp. 391–403. ISSN 00220477. DOI 10.1046/j.1365-2745.1999.00361.x.

ANEXOS

Anexo 1. Certificado de identificación taxonómica, *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake

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

CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMENES VEGETALES

El que suscribe, M.Sc. **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 (03) presentado por la señorita **Bachiller SOLEDAD MONTESINOS FERRO**, 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: "**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake EN PLANTACIONES AGROFORESTALES MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO EN EL DEPARTAMENTO DE 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 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 marzo de 2017.

M.Sc. Hugo Dueñas Linares
ESPECIALISTA EN IDENTIFICACIÓN
TAXONÓMICA DE FLORA
REG. N° 028 - DGFFS - MA

Av. Ernesto Rivero 1163, Puerto Maldonado-Madre de Dios-Perú
Email: huduli_hugo@yahoo.es Cel: 956-740299

Anexo 2. Identificación taxonómica, *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake

IDENTIFICACION TAXONOMICA DE ESPECIMENES VEGETALES PROYECTO DE TESIS DE INVESTIGACIÓN 2017

"EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE *Schizolobium parahyba* (VELL.) S.F. Blake EN PLANTACIONES AGROFORESTALES MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO EN EL DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS"

BACHILLER: SOLEDAD MONTESINOS FERRO

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	445845 8593282	Árbol	Bosque Terraza alta	Victor Raúl, Km 39 PEW-CUZ/Laberinto	Soledad Montesinos	16/02/2017	HDL	02/02/2017
2	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	"pashaco blanco"	FABACEAE	361566 8569316	Árbol	Bosque terraza alta	Ollanta, Km 38 PEW- CUZ/Inambari	Soledad Montesinos	17/02/2017	HDL	02/02/2017
3	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	"pashaco blanco"	FABACEAE	485858 8671816	Árbol	Bosque terraza alta	Santa Rosa, Km 91 PEW-Asis/Las Piedras	Soledad Montesinos	18/02/2017	HDL	02/02/2017

Puerto Maldonado, 02 de marzo 2014 de 2017

M.Sc. Hugo Dierckx Litwakes
ESPECIALISTA EN IDENTIFICACIÓN
TAXONOMICA DE FLORES
Org. N° 018 - DGFFS - INIA

Referencias:

- Vouchers colección SMF, Marzo 2017.
- Vouchers Herbario San Marcos (HSM). 2017
- Vouchers Herbario MOL, 2016
- Vouchers Herbario Gentry, UNAM/AD. 2017
- APG IV. 2016
- Taxonomic Resolution Service v1.0. 2017.
- The Plant List, 2017
- Tropicos, Missouri Botanical Garden, 2017

Anexo 3. Inventario por clase diamétrica de los dos sectores de estudios

Sector	N° árbol	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP promedio (cm)	Clase diamétrica	Altura comercial (m)	Volumen (m ³)	Distanciamiento	Área ocupada (ha)
VRHT	1	29,10	28,50	28,80	25-30	22,84	1,04	5m x 5m	0,0025
VRHT	2	20,50	20,00	20,25	20-25	22,71	0,51	5m x 5m	0,0025
VRHT	3	11,80	11,50	11,65	10-15	23,10	0,17	5m x 5m	0,0025
VRHT	4	30,60	30,10	30,35	30-35	21,28	1,08	5m x 5m	0,0025
VRHT	5	9,60	9,20	9,40	5-10	20,83	0,10	5m x 5m	0,0025
VRHT	6	31,20	31,50	31,35	30-35	20,89	1,13	5m x 5m	0,0025
VRHT	7	27,00	26,10	26,55	25-30	20,70	0,80	5m x 5m	0,0025
VRHT	8	23,10	22,20	22,65	20-25	20,18	0,57	5m x 5m	0,0025
VRHT	9	27,00	26,10	26,55	25-30	20,76	0,80	5m x 5m	0,0025
VRHT	10	34,00	32,60	33,30	30-35	20,18	1,23	5m x 5m	0,0025
VRHT	11	28,70	29,00	28,85	25-30	19,66	0,90	5m x 5m	0,0025
VRHT	12	23,40	22,20	22,80	20-25	19,79	0,57	5m x 5m	0,0025
VRHT	13	27,10	26,90	27,00	25-30	19,92	0,80	5m x 5m	0,0025
VRHT	14	30,40	28,40	29,40	25-30	20,11	0,96	5m x 5m	0,0025
VRHT	15	33,40	33,80	33,60	30-35	19,98	1,24	5m x 5m	0,0025
VRHT	16	23,90	24,00	23,95	20-25	19,85	0,63	5m x 5m	0,0025
VRHT	17	23,50	23,00	23,25	20-25	20,11	0,60	5m x 5m	0,0025
VRHT	18	15,00	15,60	15,30	15-20	19,66	0,25	5m x 5m	0,0025
VRHT	19	23,00	22,70	22,85	20-25	19,20	0,55	5m x 5m	0,0025
VRHT	20	19,60	19,30	19,45	15-20	19,59	0,41	5m x 5m	0,0025
VRHT	21	29,00	28,10	28,55	25-30	19,07	0,85	5m x 5m	0,0025
VRHT	22	26,00	26,40	26,20	25-30	19,79	0,75	5m x 5m	0,0025
VRHT	23	26,90	26,50	26,70	25-30	19,01	0,74	5m x 5m	0,0025
VRHT	24	20,10	19,60	19,85	15-20	19,27	0,42	5m x 5m	0,0025
VRHT	25	29,40	27,60	28,50	25-30	18,94	0,85	5m x 5m	0,0025
VRHT	26	21,60	21,60	21,60	20-25	18,81	0,48	5m x 5m	0,0025
VRHT	27	19,40	19,10	19,25	15-20	18,68	0,38	5m x 5m	0,0025
VRHT	28	22,10	21,70	21,90	20-25	18,62	0,49	5m x 5m	0,0025
VRHT	29	29,50	28,70	29,10	25-30	18,55	0,86	5m x 5m	0,0025
VRHT	30	18,40	17,70	18,05	15-20	18,29	0,33	5m x 5m	0,0025
VRHT	31	22,00	22,20	22,10	20-25	18,49	0,50	5m x 5m	0,0025
VRHT	32	22,70	22,60	22,65	20-25	18,55	0,52	5m x 5m	0,0025
VRHT	33	14,00	14,30	14,15	10-15	18,55	0,20	5m x 5m	0,0025
VRHT	34	27,20	27,30	27,25	25-30	18,29	0,75	5m x 5m	0,0025
VRHT	35	26,60	25,20	25,90	25-30	17,90	0,66	5m x 5m	0,0025
VRHT	36	21,80	20,40	21,10	20-25	17,25	0,42	5m x 5m	0,0025
VRHT	37	25,80	24,70	25,25	25-30	18,29	0,64	5m x 5m	0,0025
VRHT	38	26,60	26,30	26,45	25-30	17,64	0,68	5m x 5m	0,0025
VRHT	39	19,30	19,50	19,40	15-20	17,58	0,36	5m x 5m	0,0025
VRHT	40	27,00	26,70	26,85	25-30	17,64	0,70	5m x 5m	0,0025
VRHT	41	25,70	25,50	25,60	25-30	17,71	0,64	5m x 5m	0,0025
VRHT	42	13,90	13,40	13,65	10-15	17,58	0,18	5m x 5m	0,0025

VRHT	43	28,90	28,80	28,85	25-30	17,90	0,82	5m x 5m	0,0025
VRHT	44	12,30	11,80	12,05	10-15	17,77	0,14	5m x 5m	0,0025
VRHT	45	16,60	16,40	16,50	15-20	17,64	0,26	5m x 5m	0,0025
VRHT	46	25,60	25,70	25,65	25-30	16,86	0,61	5m x 5m	0,0025
VRHT	47	14,20	13,70	13,95	10-15	16,86	0,18	5m x 5m	0,0025
VRHT	48	33,60	34,40	34,00	30-35	16,99	1,08	5m x 5m	0,0025
VRHT	49	18,40	19,30	18,85	15-20	16,60	0,32	5m x 5m	0,0025
VRHT	50	29,40	28,20	28,80	25-30	16,54	0,75	5m x 5m	0,0025
VRHT	51	23,10	22,80	22,95	20-25	16,47	0,48	5m x 5m	0,0025
VRHT	52	24,40	24,10	24,25	20-25	16,54	0,53	5m x 5m	0,0025
VRHT	53	26,00	24,70	25,35	25-30	16,15	0,57	5m x 5m	0,0025
VRHT	54	24,40	25,10	24,75	20-25	16,02	0,54	5m x 5m	0,0025
VRHT	55	27,80	28,90	28,35	25-30	16,47	0,73	5m x 5m	0,0025
VRHT	56	19,00	19,30	19,15	15-20	15,82	0,32	5m x 5m	0,0025
VRHT	57	22,60	22,70	22,65	20-25	16,08	0,45	5m x 5m	0,0025
VRHT	58	26,60	27,10	26,85	25-30	16,28	0,65	5m x 5m	0,0025
VRHT	59	19,50	19,60	19,55	15-20	15,69	0,33	5m x 5m	0,0025
VRHT	60	15,90	16,10	16,00	15-20	16,15	0,23	5m x 5m	0,0025
VRHT	61	22,10	22,30	22,20	20-25	15,89	0,43	5m x 5m	0,0025
VRHT	62	20,60	20,80	20,70	20-25	16,02	0,38	5m x 5m	0,0025
VRHT	63	17,10	17,00	17,05	15-20	15,82	0,25	5m x 5m	0,0025
VRHT	64	30,30	30,20	30,25	30-35	15,95	0,80	5m x 5m	0,0025
VRHT	65	25,50	25,90	25,70	25-30	16,02	0,58	5m x 5m	0,0025
VRHT	66	17,30	17,80	17,55	15-20	16,21	0,27	5m x 5m	0,0025
VRHT	67	28,70	28,20	28,45	25-30	16,02	0,71	5m x 5m	0,0025
VRHT	68	24,60	23,90	24,25	20-25	15,76	0,51	5m x 5m	0,0025
VRHT	69	20,40	20,90	20,65	20-25	15,69	0,37	5m x 5m	0,0025
VRHT	70	20,30	20,00	20,15	20-25	15,30	0,34	5m x 5m	0,0025
VRHT	71	29,20	28,10	28,65	25-30	15,82	0,71	5m x 5m	0,0025
VRHT	72	28,90	27,70	28,30	25-30	15,37	0,68	5m x 5m	0,0025
VRHT	73	22,90	23,10	23,00	20-25	15,30	0,44	5m x 5m	0,0025
VRHT	74	20,40	20,50	20,45	20-25	15,37	0,35	5m x 5m	0,0025
VRHT	75	14,60	15,30	14,95	10-15	15,04	0,18	5m x 5m	0,0025
VRHT	76	28,60	28,20	28,40	25-30	15,17	0,67	5m x 5m	0,0025
VRHT	77	25,60	26,00	25,80	25-30	14,85	0,54	5m x 5m	0,0025
VRHT	78	21,30	20,60	20,95	20-25	14,20	0,34	5m x 5m	0,0025
VRHT	79	23,80	24,20	24,00	20-25	14,39	0,46	5m x 5m	0,0025
VRHT	80	22,60	23,60	23,10	20-25	14,26	0,42	5m x 5m	0,0025
VRHT	81	20,30	20,70	20,50	20-25	14,13	0,33	5m x 5m	0,0025
VRHT	82	22,80	21,90	22,35	20-25	14,20	0,39	5m x 5m	0,0025
VRHT	83	24,00	24,20	24,10	20-25	14,26	0,46	5m x 5m	0,0025
VRHT	84	11,40	11,90	11,65	10-15	14,33	0,11	5m x 5m	0,0025
VRHT	85	30,50	31,50	31,00	30-35	14,33	0,76	5m x 5m	0,0025
VRHT	86	23,30	23,70	23,50	20-25	13,94	0,42	5m x 5m	0,0025
VRHT	87	25,00	27,10	26,05	25-30	14,20	0,53	5m x 5m	0,0025
VRHT	88	22,00	22,80	22,40	20-25	14,07	0,39	5m x 5m	0,0025

VRHT	89	17,00	17,40	17,20	15-20	13,68	0,22	5m x 5m	0,0025
VRHT	90	20,30	21,30	20,80	20-25	13,74	0,33	5m x 5m	0,0025
VRHT	91	22,80	23,90	23,35	20-25	13,55	0,41	5m x 5m	0,0025
VRHT	92	19,90	20,60	20,25	20-25	13,61	0,31	5m x 5m	0,0025
VRHT	93	13,90	14,60	14,25	10-15	13,35	0,15	5m x 5m	0,0025
VRHT	94	14,10	14,40	14,25	10-15	12,96	0,14	5m x 5m	0,0025
VRHT	95	22,80	23,00	22,90	20-25	12,64	0,36	5m x 5m	0,0025
VRHT	96	17,90	18,60	18,25	15-20	12,96	0,24	5m x 5m	0,0025
VRHT	97	27,60	27,10	27,35	25-30	12,25	0,50	5m x 5m	0,0025
VRHT	98	25,60	24,80	25,20	25-30	12,05	0,42	5m x 5m	0,0025
VRHT	99	25,50	25,30	25,40	25-30	12,12	0,43	5m x 5m	0,0025
VRHT	100	20,20	20,90	20,55	20-25	11,79	0,27	5m x 5m	0,0025
VRHT	101	29,50	29,80	29,65	25-30	11,79	0,57	5m x 5m	0,0025
VRHT	102	23,30	22,80	23,05	20-25	11,34	0,33	5m x 5m	0,0025
VRHT	103	23,10	22,50	22,80	20-25	10,75	0,31	5m x 5m	0,0025
VRHT	104	23,20	23,50	23,35	20-25	10,49	0,31	5m x 5m	0,0025
VRHT	105	23,10	23,90	23,50	20-25	10,43	0,32	5m x 5m	0,0025
VRHT	106	14,50	14,60	14,55	10-15	10,04	0,12	5m x 5m	0,0025
VRHT	107	27,40	27,20	27,30	25-30	10,17	0,42	5m x 5m	0,0025
VRHT	108	20,50	20,10	20,30	20-25	10,10	0,23	5m x 5m	0,0025
VRHT	109	23,90	24,30	24,10	20-25	10,23	0,33	5m x 5m	0,0025
VRHT	110	16,60	17,00	16,80	15-20	10,04	0,16	5m x 5m	0,0025
VRHT	111	27,70	28,10	27,90	25-30	9,00	0,38	5m x 5m	0,0025
VRHT	112	28,10	27,30	27,70	25-30	8,74	0,37	5m x 5m	0,0025
VRHT	113	11,90	11,60	11,75	10-15	8,67	0,07	5m x 5m	0,0025
VRHT	114	23,80	23,10	23,45	20-25	8,41	0,25	5m x 5m	0,0025
VRHT	115	28,00	28,90	28,45	25-30	7,24	0,32	5m x 5m	0,0025
Ollanta	1	41,00	39,00	40,00	>40	27,65	2,43	5m x 5m	0,0025
Ollanta	2	48,01	45,00	46,51	>40	32,21	3,83	5m x 5m	0,0025
Ollanta	3	37,07	34,00	35,54	35-40	25,10	1,74	5m x 5m	0,0025
Ollanta	4	38,08	34,01	36,05	35-40	25,75	1,84	5m x 5m	0,0025
Ollanta	5	30,03	28,00	29,02	25-30	20,52	0,95	5m x 5m	0,0025
Ollanta	6	39,00	35,00	37,00	35-40	26,35	1,98	5m x 5m	0,0025
Ollanta	7	32,02	28,00	30,01	30-35	21,81	1,08	5m x 5m	0,0025
Ollanta	8	32,00	34,02	33,01	30-35	21,80	1,31	5m x 5m	0,0025
Ollanta	9	33,00	34,05	33,53	30-35	22,45	1,39	5m x 5m	0,0025
Ollanta	10	43,00	45,00	44,00	>40	28,95	3,08	5m x 5m	0,0025
Ollanta	11	37,00	39,00	38,00	35-40	25,05	1,99	5m x 5m	0,0025
Ollanta	12	39,00	41,05	40,03	>40	26,35	2,32	5m x 5m	0,0025
Ollanta	13	42,00	44,00	43,00	>40	28,30	2,88	5m x 5m	0,0025
Ollanta	14	41,00	44,05	42,53	>40	27,65	2,75	5m x 5m	0,0025
Ollanta	15	42,00	43,00	42,50	>40	28,30	2,81	5m x 5m	0,0025
Ollanta	16	36,00	35,09	35,55	35-40	24,40	1,69	5m x 5m	0,0025
Ollanta	17	44,00	37,07	40,54	>40	29,60	2,67	5m x 5m	0,0025
Ollanta	18	34,07	38,00	36,04	35-40	23,15	1,65	5m x 5m	0,0025
Ollanta	19	37,04	35,00	36,02	35-40	25,08	1,79	5m x 5m	0,0025

Ollanta	20	33,00	32,08	32,54	30-35	22,45	1,31	5m x 5m	0,0025
Ollanta	21	37,06	35,00	36,03	35-40	25,09	1,79	5m x 5m	0,0025
Ollanta	22	34,00	36,02	35,01	35-40	23,10	1,56	5m x 5m	0,0025
Ollanta	23	33,00	38,09	35,55	35-40	22,45	1,56	5m x 5m	0,0025
Ollanta	24	40,00	42,00	41,00	>40	27,00	2,50	5m x 5m	0,0025
Ollanta	25	27,00	30,00	28,50	25-30	18,55	0,83	5m x 5m	0,0025
Ollanta	26	33,00	35,08	34,04	30-35	22,45	1,43	5m x 5m	0,0025
Ollanta	27	38,00	34,08	36,04	35-40	25,70	1,84	5m x 5m	0,0025
Ollanta	28	27,05	25,50	26,28	25-30	18,58	0,71	5m x 5m	0,0025
Ollanta	29	42,00	49,08	45,54	>40	28,30	3,23	5m x 5m	0,0025
Ollanta	30	45,50	47,06	46,28	>40	30,58	3,60	5m x 5m	0,0025
Ollanta	31	32,00	39,06	35,53	35-40	21,80	1,51	5m x 5m	0,0025
Ollanta	32	38,50	40,03	39,27	35-40	26,03	2,21	5m x 5m	0,0025
Ollanta	33	36,00	37,08	36,54	35-40	24,40	1,79	5m x 5m	0,0025
Ollanta	34	32,05	42,00	37,03	35-40	21,83	1,65	5m x 5m	0,0025
Ollanta	35	24,00	35,00	29,50	25-30	16,60	0,79	5m x 5m	0,0025
Ollanta	36	33,05	31,00	32,03	30-35	22,48	1,27	5m x 5m	0,0025
Ollanta	37	34,04	33,00	33,52	30-35	23,13	1,43	5m x 5m	0,0025
Ollanta	38	42,00	41,00	41,50	>40	28,30	2,68	5m x 5m	0,0025
Ollanta	39	37,05	35,20	36,13	35-40	25,08	1,80	5m x 5m	0,0025
Ollanta	40	42,00	41,20	41,60	>40	28,30	2,69	5m x 5m	0,0025
Ollanta	41	44,05	40,40	42,23	>40	29,63	2,90	5m x 5m	0,0025
Ollanta	42	44,00	42,50	43,25	>40	29,60	3,04	5m x 5m	0,0025
Ollanta	43	41,00	39,50	40,25	>40	27,65	2,46	5m x 5m	0,0025
Ollanta	44	36,50	38,05	37,28	35-40	24,73	1,89	5m x 5m	0,0025
Ollanta	45	41,50	44,00	42,75	>40	27,98	2,81	5m x 5m	0,0025
Ollanta	46	39,00	37,08	38,04	35-40	26,35	2,10	5m x 5m	0,0025
Ollanta	47	35,50	37,07	36,29	35-40	24,08	1,74	5m x 5m	0,0025
Ollanta	48	30,04	32,08	31,06	30-35	20,53	1,09	5m x 5m	0,0025
Ollanta	49	36,50	38,05	37,28	35-40	24,73	1,89	5m x 5m	0,0025
Ollanta	50	34,50	36,00	35,25	35-40	23,43	1,60	5m x 5m	0,0025
Ollanta	51	37,09	37,00	37,05	35-40	25,11	1,89	5m x 5m	0,0025
Ollanta	52	38,05	36,50	37,28	35-40	25,73	1,97	5m x 5m	0,0025
Ollanta	53	29,05	28,50	28,78	25-30	19,88	0,91	5m x 5m	0,0025
Ollanta	54	32,00	30,50	31,25	30-35	21,80	1,17	5m x 5m	0,0025
Ollanta	55	30,04	29,80	29,92	25-30	20,53	1,01	5m x 5m	0,0025
Ollanta	56	30,50	31,00	30,75	30-35	20,83	1,08	5m x 5m	0,0025
Ollanta	57	26,00	28,00	27,00	25-30	17,90	0,72	5m x 5m	0,0025
Ollanta	58	25,50	26,00	25,75	25-30	17,58	0,64	5m x 5m	0,0025
Ollanta	59	22,50	23,05	22,78	20-25	15,63	0,45	5m x 5m	0,0025
Ollanta	60	24,50	25,05	24,78	20-25	16,93	0,57	5m x 5m	0,0025
Ollanta	61	29,07	32,00	30,54	30-35	19,90	1,02	5m x 5m	0,0025
Ollanta	62	20,00	20,03	20,02	20-25	14,00	0,31	5m x 5m	0,0025
Ollanta	63	23,00	24,05	23,53	20-25	15,95	0,49	5m x 5m	0,0025
Ollanta	64	24,50	26,00	25,25	25-30	16,93	0,59	5m x 5m	0,0025
Ollanta	65	23,50	24,03	23,77	20-25	16,28	0,51	5m x 5m	0,0025

Ollanta	66	17,06	19,01	18,04	15-20	12,09	0,22	5m x 5m	0,0025
Ollanta	67	19,07	21,00	20,04	20-25	13,40	0,30	5m x 5m	0,0025
Ollanta	68	22,06	23,07	22,57	20-25	15,34	0,43	5m x 5m	0,0025
Ollanta	69	18,02	19,02	18,52	15-20	12,71	0,24	5m x 5m	0,0025
Ollanta	70	28,08	30,06	29,07	25-30	19,25	0,89	5m x 5m	0,0025

Anexo 4. Precipitación acumulada y temperatura media mensual desde el año 2010 hasta 2016

Variable	Año	Mes del año											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación acumulada (mm)	2010	339,7	278,8	343,6	26,7	6,8	0	43,8	82,3	47,2	162,2	191,3	296,6
	2011	329,2	403,4	231,4	0	0	16,4	19,2	32,5	90,2	275,5	93	360
	2012	159,3	501,7	258,2	173,5	118,4	113,3	0	0	128,2	168,5	43,2	344,4
	2013	186,6	375	314,7	105,4	92,4	79,1	29,1	83,9	113,2	303,9		403,3
	2014	772,8	427	276,3	78,9	167,9	73,4	83	148,9	106	163,3	337,3	208,1
	2015	428,7	381,7	108,6	130	264,6	46,1	53,2	183,8	103,5	131,7	194,8	242,4
	2016	284,3	312,4	350,4	240,9	22	11,6	18,9	20,9	69,4	119,9	288,5	254,8
Temperatura media (mm)	2010	26,86	26,67	27,55	26,64	24,70	25,58	22,69	25,77	27,39	26,39	26,38	27,34
	2011	26,14	25,71	25,97	26,60	25,38	25,59	25,34	25,32	27,49	27,71	27,86	27,31
	2012	27,00	26,46	26,24	26,71	24,88	24,22	24,29	26,78	28,34	27,92	28,11	27,57
	2013	27,31	26,47	27,01	26,72	25,38	26,12	24,72	24,64	27,00	26,72		27,35
	2014	26,11	26,15	27,34	27,14	25,00	25,26	23,52	26,33	28,03	29,00	27,30	27,13
	2015	26,70	27,10	27,43	27,22	25,88	25,94	25,07	27,91	27,98	28,05	27,73	27,91
	2016	28,17	27,71	27,46	27,47	24,94	24,52	25,78	27,04	27,29	27,71	27,61	27,56

Anexo 5. Ancho de los anillos de crecimiento (mm) por muestra radial en el sector Víctor Raúl Haya de la Torre

Código de árbol	Código de muestra radial	Anillo de crecimiento y año				
		1 2012	2 2013	3 2014	4 2015	5 2016
2-1	2-1-1	28,60	18,74	24,27	17,45	22,51
	2-1-2	38,00	18,06	22,97	14,79	22,89
2-2	2-2-1	26,55	22,05	21,79	17,67	19,16
	2-2-2	37,00	22,04	19,47	15,64	17,26
2-3	2-3-1	24,52	14,36	22,12	8,60	10,62
	2-3-2	26,69	15,29	20,44	11,15	11,06
2-5	2-5-1	23,58	10,84	20,49	14,30	11,34
	2-5-2	23,29	12,40	23,46	14,76	12,73
2-6	2-6-1	20,00	22,22	18,09	17,15	10,15
	2-6-2	28,62	21,15	19,33	18,11	10,90
2-9	2-9-1	30,18	12,46	20,65	19,81	15,21
2-10	2-10-1	25,57	18,21	13,58	11,38	6,67
	2-10-2	27,97	19,65	14,95	13,05	6,84
2-11	2-11-1	40,72	18,26	23,96	18,34	12,14
	2-11-2	40,40	17,22	20,37	16,84	14,47
2-13	2-13-1	42,32	19,43	21,05	8,90	15,16
	2-13-2	46,02	15,28	20,96	8,30	14,06

Anexo 6. Ancho de los anillos de crecimiento (mm) por muestra radial en el sector Ollanta

Código de árbol	Código de muestra radial	Anillo de crecimiento y año						
		1	2	3	4	5	6	7
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
3-1	3-1-1	31,41	20,51	15,29	25,52	20,62	22,89	13,77
	3-1-2	28,16	20,00	14,43	25,71	20,53	26,52	14,34
3-4	3-4-1	38,29	22,30	23,13	21,27	14,87	11,74	10,98
	3-4-2	32,73	20,25	19,47	20,65	13,30	11,25	10,73
3-6	3-6-1	32,18	28,07	20,25	10,32	8,51	6,99	9,84
	3-6-2	32,18	30,09	20,00	9,59	8,13	5,32	9,52
3-7	3-7-1	30,87	27,21	20,10	14,40	11,32	3,54	8,04
	3-7-2	23,09	26,99	21,49	15,12	11,32	2,33	10,27
3-8	3-8-1	28,84	32,25	20,93	16,13	8,50	8,45	2,50
	3-8-2	28,84	30,41	21,80	19,57	12,95	11,61	4,15
3-10	3-10-1	38,05	31,16	20,61	15,45	12,08	16,52	18,71
	3-10-2	29,02	36,51	20,38	11,73	14,92	14,02	20,52
3-11	3-11-1	40,10	38,23	25,80	22,37	12,26	9,96	5,57
	3-11-2	46,20	41,05	28,25	25,09	13,20	9,00	5,20
3-12	3-12-1	45,37	29,10	16,38	19,34	13,53	11,96	8,04
	3-12-2	45,37	30,87	15,13	18,68	12,68	10,54	8,90
3-13	3-13-1	29,02	36,45	31,35	23,73	17,10	16,98	12,00
	3-13-2	29,02	37,30	32,85	23,20	16,83	17,95	11,06
3-14	3-14-1	23,38	16,51	5,63	22,99	12,18	16,19	10,34
	3-14-2	23,39	16,80	5,89	24,00	12,86	16,04	11,35
3-16	3-16-1	48,98	17,00	12,05	10,41	9,51	14,14	11,13
	3-16-2	48,99	18,24	12,56	11,23	8,77	15,19	10,69