



## Respuestas de crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis* a las condiciones climáticas locales y globales en la Amazonía Peruana

Delma Ercilia DOMINGUEZ-SALCEDO <sup>1</sup>, Leif Armando PORTAL-CAHUANA <sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.

<sup>2</sup> Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú.

\*E-mail: [leif.portal@untrm.edu.pe](mailto:leif.portal@untrm.edu.pe)

Enviado el: 03/10/2024; Aceptado el: 15/12/2024; Publicado el: 21/12/2024.

**RESUMEN:** Los bosques tropicales, cruciales para la regulación climática y la biodiversidad, enfrentan desafíos debido a la deforestación y el cambio climático. *Tectona grandis*, una especie valorada por su madera, es estudiada para evaluar su respuesta de crecimiento ante condiciones climáticas locales y globales en la Amazonía peruana. Se utilizaron métodos dendrocronológicos para analizar los anillos de crecimiento de *T. grandis* en dos sitios de estudio, considerando variables como la precipitación y la temperatura. Los resultados muestran que, aunque no se encontró una relación significativa con el clima local, el crecimiento de *T. grandis* está influenciado por las anomalías de la temperatura superficial del mar en los océanos Pacífico y Atlántico. Se identificaron patrones de correlación específicos, sugiriendo que factores climáticos globales afectan su desarrollo. La presencia de anillos falsos, influenciados por variaciones ambientales, resalta la complejidad de interpretar los datos de crecimiento. Este estudio contribuye a la comprensión de la dinámica de crecimiento de *T. grandis* y su potencial para la reforestación en contextos tropicales, destacando la importancia de un manejo forestal sostenible que integre factores climáticos globales.

**Palabras-clave:** anillos falsos; bosque tropical; dendrocronología; regulación climática; Teca.

## Respostas de crescimento das plantações de *Tectona grandis* às condições climáticas locais e globais na Amazônia Peruana

**RESUMO:** As florestas tropicais, cruciais para a regulação climática e a biodiversidade, enfrentam desafios devido ao desmatamento e às mudanças climáticas. *Tectona grandis*, uma espécie valorizada por sua madeira, é estudada para avaliar sua resposta de crescimento diante de condições climáticas locais e globais na Amazônia peruana. Métodos dendrocronológicos foram utilizados para analisar os anéis de crescimento de *T. grandis* em dois locais de estudo, considerando variáveis como precipitação e temperatura. Os resultados mostram que, embora não tenha sido encontrada uma relação significativa com o clima local, o crescimento de *T. grandis* é influenciado pelas anomalias da temperatura da superfície do mar nos oceanos Pacífico e Atlântico. Foram identificados padrões de correlação específicos, sugerindo que fatores climáticos globais afetam o seu desenvolvimento. A presença de anéis falsos, influenciados por variações ambientais, destaca a complexidade de interpretar os dados de crescimento. Este estudo contribui para a compreensão da dinâmica de crescimento de *T. grandis* e seu potencial para o reflorestamento em contextos trópicos, ressaltando a importância de um manejo florestal sustentável que integre fatores climáticos globais.

**Palavras-chave:** anéis falsos; floresta tropical; dendrocronologia; regulação climática; Teca.

### 1. INTRODUCCION

Los bosques tropicales son uno de los ecosistemas más complejos y diversos del planeta, desempeñando un papel crucial en la regulación del clima y la conservación de la biodiversidad (SOLORZANO, 2013). América del Sur, que alberga más del 40% de estos bosques a nivel mundial, enfrenta desafíos significativos debido a la deforestación y el cambio climático, convirtiéndose en un importante foco de preocupación ambiental (LEWIS, 2006). Los estudios recientes indican que las temperaturas extremas podrían superar el umbral crítico de 46,7 °C para la fotosíntesis en los árboles tropicales, lo que pondría en peligro la estabilidad de estos ecosistemas bajo el escenario de cambio climático proyectado (DOUGHTY et al., 2023). Además, la interacción histórica y contemporánea de las actividades

humanas con estos bosques ha alterado su estructura y funcionamiento, destacando la necesidad de una gestión que tenga en cuenta su compleja historia ecológica y cultural (ROBERTS et al., 2021).

Por otro lado, uno de los principales desafíos para la estabilidad de los bosques tropicales es el aumento en la frecuencia e intensidad de los incendios forestales, que afectan negativamente tanto su valor ecológico como económico (JUÁREZ-OROZCO et al., 2017). En el caso específico del bosque seco tropical Chiquitano en Bolivia, se ha observado que la resiliencia de la vegetación a las perturbaciones causadas por el fuego depende de la frecuencia e intensidad de los incendios, así como de las condiciones climáticas predominantes (HARTUNG et al.,

2021). A pesar de su capacidad para adaptarse a incendios recurrentes, la creciente intensidad de estos eventos, impulsada por el cambio climático y la deforestación, podría superar la capacidad de recuperación natural de estos ecosistemas, subrayando la necesidad urgente de estrategias de gestión que mitiguen los efectos negativos del fuego en los bosques tropicales.

Aparte de los desafíos que enfrentan los bosques tropicales por la deforestación y los incendios, la creciente demanda de productos agrícolas y la expansión de tierras de cultivo han impulsado la conversión de grandes áreas de bosques en tierras agrícolas, afectando significativamente la cobertura forestal y las emisiones de carbono (GIBBS et al., 2010). Ante esta situación, las plantaciones forestales gestionadas de manera sostenible se presentan como una solución prometedora para la restauración de paisajes degradados y la mitigación del cambio climático, especialmente cuando involucran a pequeños productores en regiones tropicales (NAMBIAR, 2021).

Estos actores desempeñan un papel fundamental en la producción de madera y la generación de medios de vida, contribuyendo a cerrar la creciente brecha entre la oferta y la demanda de productos madereros, y ayudando a reducir la pobreza rural. Sin embargo, es crucial que estas iniciativas no se limiten a plantaciones monoespecíficas, sino que promuevan plantaciones mixtas que, además de secuestrar carbono, mantengan la biodiversidad y proporcionen servicios ecosistémicos, como el control de la erosión y el hábitat para la vida silvestre (GUERRA-DE LA CRUZ; GALICIA, 2017). Para lograr un manejo forestal integral y sostenible, se requiere una estrategia coherente que integre las necesidades económicas, sociales y ambientales de las comunidades involucradas, fomentando prácticas que no solo mitiguen los efectos del cambio climático, sino que también fortalezcan la resiliencia y sostenibilidad de los paisajes tropicales.

En el contexto de las plantaciones forestales tropicales, *Tectona grandis*, o teca, es una de las especies más valiosas y ampliamente cultivadas por la calidad de su madera y su rentabilidad (BAHTIAR et al., 2023). La madera de *T. grandis* presenta un alto valor económico y su madera duradera, resistente a la humedad y a las termitas, ideal para la construcción y mobiliario (LIMA et al., 2021; MASCARENHAS et al., 2021; TELLES et al., 2017). Su rápido crecimiento en climas tropicales favorece la sostenibilidad económica (Healey; Gara, 2003; Karmacharya; Singh, 1992; Nölte et al., 2022), y sus anillos de crecimiento diferenciados permiten un análisis dendrocronológico preciso (CHUQUICAJA et al., 2020). Sin embargo, su impacto ecológico ha generado preocupaciones, ya que estudios en Costa Rica han demostrado que las plantaciones de teca reducen la abundancia y diversidad de especies nativas en el sotobosque, limitando su crecimiento (HEALEY; GARA, 2003). Esto se debe a la competencia de la teca por recursos y su capacidad para alterar las condiciones del suelo, afectando su papel como hábitat complementario. Además, la extracción continua de nutrientes, como fósforo y potasio, puede agotar el suelo y afectar la productividad en futuras rotaciones (FERNÁNDEZ-MOYA et al., 2014). En Nicaragua, el crecimiento y la supervivencia de la teca varían según la procedencia del material genético y las condiciones locales, con menor rendimiento fuera de su rango ecológico óptimo (ČERNÝ et al., 2023). A pesar de estos desafíos, con

un manejo sostenible, las plantaciones de teca pueden contribuir a la reforestación y mejorar los medios de vida rurales.

Por otra parte, la dendrocronología, o estudio de los anillos de crecimiento de *T. grandis*, ha demostrado ser una herramienta valiosa para entender la relación entre el crecimiento de la teca y las variaciones climáticas en plantaciones tropicales (CHUQUICAJA et al., 2020; MOYA et al., 2009; OLIVEIRA, 2011; VENEGAS, 2013). Investigaciones han revelado que la teca presenta anillos anuales bien definidos, facilitando la reconstrucción de patrones climáticos. En la región de Junín, Perú, se observó que la precipitación influye significativamente en el crecimiento de los árboles, especialmente durante la estación de lluvias (ZUÑIGA, 2012). Sin embargo, altas temperaturas pueden inducir estrés hídrico, afectando negativamente su crecimiento radial (UGULINO et al., 2014). La presencia de anillos falsos, causados por cambios abruptos en las condiciones ambientales, resalta la necesidad de un análisis cuidadoso en la interpretación de datos (PALAKIT et al., 2016; PRIYA; BHAT, 1998). A pesar de estos desafíos, la capacidad de la teca para reflejar condiciones climáticas pasadas y su potencial como almacén de carbono la convierten en una especie clave para estudios de cambio climático y manejo forestal sostenible.

En este estudio, analizamos la respuesta de crecimiento de *Tectona grandis* frente a las condiciones climáticas locales y globales en el sureste de Perú. Se llevó a cabo una caracterización detallada de los anillos de crecimiento, se construyeron cronologías maestras y se evaluaron las relaciones entre el incremento radial de la especie y diversas variables climáticas, tanto a nivel local como global.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudio

Muestreamos árboles en dos sitios ubicados en plantaciones forestales y agroforestales dentro del bioma de bosque húmedo tropical, en la provincia de Tahuamanu, región de Madre de Dios, al sureste de Perú. Madre de Dios es una de las regiones amazónicas más importantes de Perú, cubriendo una vasta extensión geográfica de aproximadamente 85,000 km<sup>2</sup>, lo que representa el 15.3% de la región selvática del país y alberga una gran diversidad de ecosistemas (FOSTER et al., 1994). La zona de Iberia, se encuentra en una plantación forestal ubicada a una hora y treinta minutos de la ciudad de Iberia (11°24' S, 69°34' O). Este sitio forma parte de un sistema agroforestal que combina Copoazu *Theobroma grandiflorum* y Shiringa *Hevea brasiliensis*, el distanciamiento de los árboles era de 5x5 metros. La zona de Villa Rocío, está ubicado en el sector La Novia (11°52' S, 69°8' O) al pie de la carretera Interoceánica (Figura 1) Sur. Este sitio forma parte de una plantación de teca, el distanciamiento de los árboles era de 3x3 metros. Ambos sitios experimentan un clima tropical húmedo, con influencias monzónicas, según la clasificación de Köppen (1948). Las lluvias se concentran entre noviembre y marzo, con un promedio anual de 2000 mm, mientras que la estación seca abarca de mayo a septiembre. La temperatura media anual varía entre 25°C. Durante el trimestre junio-agosto, pueden registrarse algunas lluvias esporádicas, aunque generalmente limitadas a áreas pequeñas y por cortos períodos de tiempo (MALHI et al., 2002; PORTAL et al., 2021).

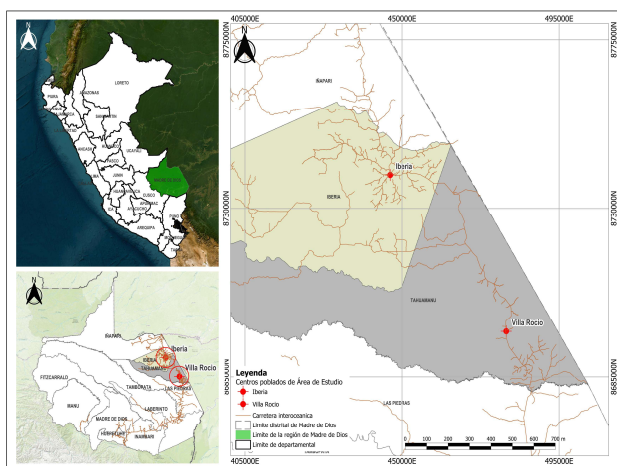


Figura 1. Mapa de Ubicación de las dos plantaciones de *Tectona grandis*, en el departamento de Madre de Dios en el suroriente del Perú.

Figure 1. Location map of the two *Tectona grandis* plantations in the Madre de Dios department in southeastern Peru.

## 2.2. Análisis dendrocronológico

Las muestras de *T. grandis* se recolectaron mediante un muestreo por conveniencia (Otzen; Manterola, 2017), seleccionando árboles con diámetros a la altura del pecho (DAP) entre 10.2 y 57.7 cm. Los individuos elegidos presentaban troncos rectos, libres de pudriciones o problemas fitosanitarios, y con copas completas y bien formadas. Para obtener muestras no destructivas, se utilizó un barrenado de Pressler (Portal-Cahuana et al., 2023), extrayéndose cuatro núcleos radiales por individuo en las direcciones de los puntos cardinales. Las longitudes de las muestras variaron desde la corteza hasta la médula, dependiendo del diámetro del árbol. Se recolectaron muestras de un total de 12 árboles en cada sitio de estudio.

Las muestras recolectadas se depositaron en tubos de plástico y fueron codificadas para su transporte del campo al laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. En caso de fragmentación, las muestras se ensamblaron cuidadosamente antes de ser secadas a temperatura ambiente, lo que evitó deformaciones y posibles ataques de patógenos (ARAGÃO et al., 2022). Posteriormente, se identificaron las secciones transversales, las cuales se adhirieron a soportes de madera utilizando cola sintética, pabilo y cinta adhesiva. Las muestras se clavaron en una tabla, una vez fijadas, se lijaron utilizando papeles abrasivos de diferentes granulometrías (de 60 a 1200 granos/cm<sup>2</sup>), lo que permitió una visualización clara de los límites de los anillos de crecimiento mediante el uso de lupa de mano y estereomicroscopio (ISLAM et al., 2018).

Las muestras fueron examinadas bajo un microscopio estereoscópico para caracterizar, visualizar y delimitar los límites de los anillos de crecimiento. Posteriormente, las secciones transversales de la madera fueron escaneadas a una resolución de 1200 dpi. Los anchos de los anillos de crecimiento en los cuatro radios de cada árbol se midieron utilizando el software Image Pro Plus (PORTAL et al., 2020). A continuación, se realizó un control de calidad estadístico de la datación cruzada mediante el software COFECHA, analizando el ancho de los anillos de crecimiento y se realizando una correlación de Pearson con un nivel de significancia del 99% (0.3281) (HOLMES, 1983). Posteriormente, la cronología se construyó utilizando el

software R, en conjunto con los paquetes dplR (BUNN, 2010).

Finalmente, para analizar la relación entre el clima y el crecimiento de *T. grandis*, se recopilaron datos de precipitación y temperatura proporcionados por el SENAMHI y el conjunto de datos CRU TS v.4 (HARRIS et al., 2013). El análisis de la temperatura de la superficie del mar (SST) se realizó utilizando el KNMI-Climate Explorer (<http://climexp.knmi.nl/>) (TROUET; VAN-OLDENBORGH, 2013).

## 2.3. Incremento radial

Para esta evaluación en las dos zonas de estudio, se seleccionaron 12 árboles de *T. grandis*. Se determinó el crecimiento diametral del tronco de los árboles utilizando dos indicadores principales: Incremento Corriente Anual en Diámetro (ICAD), e Incremento Diametral Acumulado (IDA).

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Caracterización de los Anillos de Crecimiento

La especie *Tectona grandis* se caracteriza anatómicamente por la presencia de anillos de crecimiento claramente distinguibles en su sección transversal, los cuales constituyen una característica distintiva a simple vista. Estos anillos exhiben un límite bien definido, marcado por la presencia de parénquima marginal característico. Además, se observa la formación de anillos semiporosos, los cuales están compuestos por vasos de gran tamaño ubicados en el parénquima marginal. Esta área del anillo de crecimiento constituye el leño inicial, mientras que los vasos de menor diámetro forman el leño tardío, lo que proporciona una estructura anatómica claramente diferenciada y fácilmente identificable (Figura 2). Estas características anatómicas de *T. grandis* no solo son distintivas, sino que también son fundamentales para la identificación precisa de los anillos de crecimiento genuinos, lo que resulta crucial para diversos estudios dendrocronológicos y de ecología de la especie.

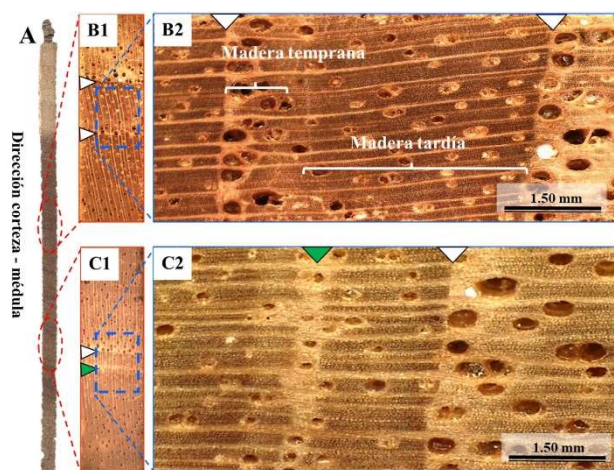


Figura 2. Imagen macroscópica de los anillos de crecimiento en el leño de la especie *Tectona grandis*. A) Muestra no destructiva colectada con el barrenado de Pressler. B1 y B2) Sección transversal, mostrando la marcación del anillo de crecimiento por parénquima marginal y por anillos semiporosos, además de mostrar el leño inicial y leño tardío. C1 y C2) Anillo de crecimiento falso, caracterizado por parénquima marginal abundante sin presencia de porosidad semicircular. Fechas blancas indican el límite del anillo de crecimiento, fechas verdes indican el anillo de crecimiento falso.



Figure 2. Macroscopic image of growth rings in the wood of the species *Tectona grandis*. A) Non-destructive sample collected with a Pressler increment borer. B1 and B2) Cross section, showing growth ring marked by marginal parenchyma and by semi-porous rings, as well as showing earlywood and latewood. C1 and C2) False growth ring, characterized by abundant marginal parenchyma without semi-circular porosity. White arrows indicate the growth ring boundary, green arrows indicate the false growth ring.

Durante el análisis de los anillos de crecimiento, se observaron anillos falsos en la madera de teca, se observó la presencia de líneas de parénquima marginal ligeramente más tenues que preceden al anillo verdadero. Estas líneas se presentan de manera discontinua, ya que no se encuentran de manera constante en las cuatro muestras examinadas. Además, se observaron anillos falsos compuestos principalmente por tejido parenquimático marginal denso, sin la presencia de porosidad semicircular (Figura 2 C1 y C2).

### 3.2. Dendrocronología

El análisis e interpretación de los datos del ancho de los anillos de crecimiento de *Tectona grandis* en las dos áreas de estudio, realizado mediante el uso del software COFECHA, permitió la sincronización de las series cronológicas de los doce árboles en cada zona. Los resultados de la intercorrelación para cada área de estudio mostraron valores superiores a 0.32, que es el umbral crítico establecido por el software COFECHA (Tabla 1). Esta alta correlación indica una excelente concordancia entre las series de anillos de crecimiento de los árboles individuales, lo que sugiere un control de calidad robusto en las mediciones del ancho de los anillos de teca (Tabla 2). Estos resultados refuerzan la fiabilidad de los datos obtenidos, lo que a su vez fortalece la validez de los hallazgos en este estudio de dendrocronología de *T. grandis*.

Tabla 1. Resultados de la dendrocronología de los árboles de *Tectona grandis* L. f. en las dos zonas de estudio de la región de Madre de Dios.

Table 1. Dendrochronology results of *Tectona grandis* L. f. trees in the two study areas of the Madre de Dios region.

| Especie                      | <i>Tectona grandis</i> L.f. |                  |
|------------------------------|-----------------------------|------------------|
|                              | Zona Iberia                 | Zona Villa Rocío |
| N° de árboles                | 12                          | 12               |
| Promedio de intercorrelación | 0.456                       | 0.482            |
| Promedio de sensibilidad     | 0.368                       | 0.357            |
| Cronología (intervalo)       | 2002 - 2017                 | 2000 - 2017      |
| Edad máxima                  | 16 años                     | 18 años          |

Tabla 2. Resultados del control de calidad de las medidas del ancho de los anillos de crecimiento de los árboles de *Tectona grandis*.

Table 2. Quality control results of the growth ring width measurements of *Tectona grandis* trees.

| Especie          | N° de árboles |         | Cronología (intervalo) | Edad máxima |
|------------------|---------------|---------|------------------------|-------------|
|                  | Antes         | Después |                        |             |
| Zona Iberia      | 12 (48)       | 12 (43) | 2002-2017              | 16 años     |
| Zona Villa Rocío | 12 (48)       | 12 (42) | 2000-2017              | 18 años     |

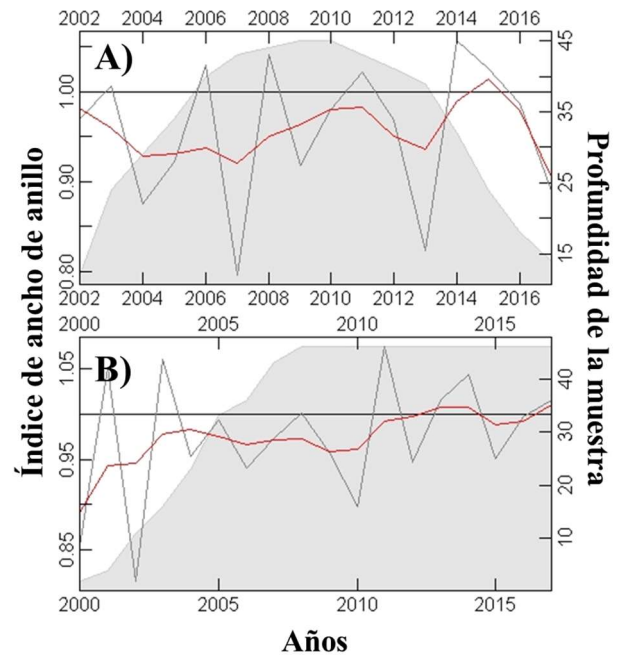


Figura 3. Serie cronológica master de los índices del ancho de los anillos de crecimiento de los árboles de *Tectona grandis*. A) Zona de Iberia. B) Zona Vía Rocío. La línea negra en zigzag muestra la cronología de la especie, línea roja representa el spline y el área gris representa el número de muestras utilizadas en la construcción de la cronología.

Figure 3. Master chronology of the growth ring width indices of *Tectona grandis* trees. A) Iberia Zone. B) Vía Rocío Zone. The black zigzag line shows the species chronology, the red line represents the spline, and the gray area represents the number of samples used in constructing the chronology.

De acuerdo con la Figura 3, las plantaciones en las dos zonas investigadas presentan una edad que varía entre 16 y 18 años. Es importante destacar que estas plantaciones de teca son probablemente de las más longevas en la región de Madre de Dios. A partir de estas experiencias, se pueden extraer lecciones valiosas que deben ser consideradas en el establecimiento de futuras plantaciones en la zona. Además, las variaciones de crecimiento entre las dos zonas de estudio pueden estar influenciadas por el distanciamiento de los árboles, la competencia y el raleo.

### 3.3. Incremento radial

En las dos zonas de estudio, se observó una variabilidad significativa en el ancho de los anillos de crecimiento de los 24 árboles de *T. grandis* evaluados. Esta variación abarcó un amplio rango, reflejando las diferencias en la edad de los árboles (Figura 4). Específicamente, se determinó que la plantación en la Zona Iberia tenía 16 años de establecida, mientras que la plantación en la Zona Vía Rocío contaba con 18 años.

El diámetro a la altura del pecho (DAP) en la zona de Iberia varió entre 10.2 y 57.7 cm, mientras que en la zona de Vía Rocío osciló entre 10.5 y 44 cm. A pesar de la disparidad en los diámetros, los árboles de *T. grandis* mostraron un patrón de crecimiento similar, independientemente de su variada edad (Figura 5).

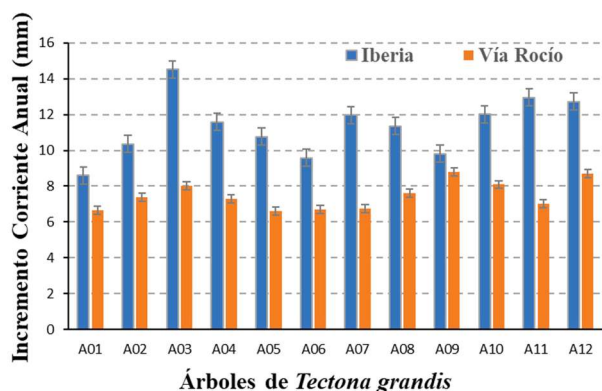


Figura 4. Incremento corriente anual (ICA) de los veinte cuatro árboles de *Tectona grandis*, de las dos zonas de estudios.  
Figure 4. Current annual increment (CAI) of the twenty-four *Tectona grandis* trees from the three study areas.

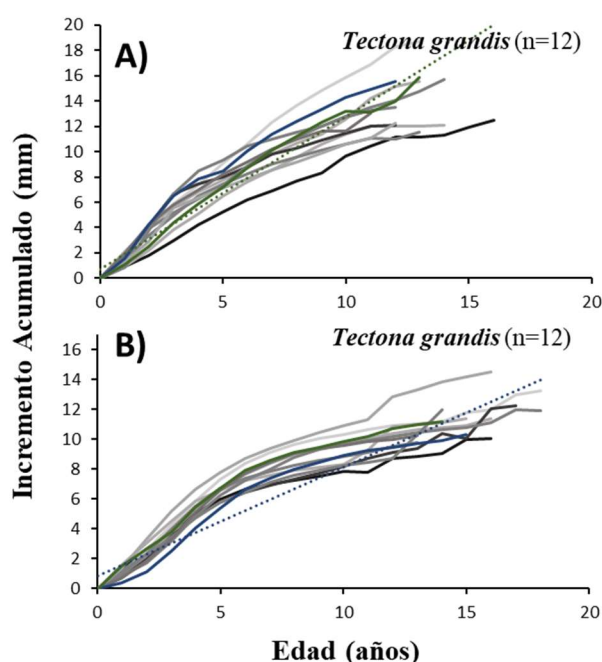


Figura 5. Incremento en diámetro acumulado de los troncos de los árboles de *Tectona grandis*. A) Zona de Iberia. B) Zona de Vía Rocio.  
Figure 5. Cumulative diameter increment of the trunks of *Tectona grandis* trees. A) Iberia Zone. B) Vía Rocio Zone.

El incremento radial observado en las dos zonas estudiadas, con un total de 36 árboles evaluados, presentó valores promedio, mínimo y máximo de 1.25, 0.69 y 1.87 cm/año, respectivamente. Es notable que la plantación de teca en Iberia, con sus 12 árboles, registró el mayor crecimiento radial (Tabla 3). Estos resultados ofrecen información valiosa sobre la dinámica de crecimiento de *T. grandis* bajo diferentes condiciones ambientales, lo cual es fundamental para la planificación y gestión de futuras plantaciones en la región.

Tabla 3. Resultados del Incremento radial de *Tectona grandis*.  
Table 3. Radial increment results of *Tectona grandis*.

| Zonas          | Promedio<br>(cm/año) | Mínimo<br>(cm/año) | Máximo<br>(cm/año) |
|----------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| Zona Iberia    | 1.64                 | 0.96               | 2.43               |
| Zona Vía Rocio | 1.21                 | 0.49               | 1.84               |
| Promedio       | 1.425                | 0.725              | 2.135              |

Es relevante destacar que la composición de las plantaciones varió entre las diferentes zonas de estudio. En la zona de Iberia, la plantación de *T. grandis* estaba asociada con árboles de *Theobroma grandiflorum* y *Hevea brasiliensis*, mientras que en Vía Rocio consistía en una plantación monoespecífica de teca. Estas diferencias en la composición podrían haber influido en el crecimiento promedio observado en cada zona, lo que resalta la importancia de considerar el contexto específico de cada plantación al analizar el crecimiento de la teca.

### 3.4. Relación clima – crecimiento

El crecimiento en diámetro de los 24 árboles de *T. grandis* no mostró una relación directa con el clima local en las zonas de estudio, particularmente en cuanto a las variaciones de temperatura y precipitación (Figura 6).

En la zona de Iberia (Figura 6A), se identificaron dos correlaciones negativas significativas entre la cronología y la precipitación: en enero ( $r = -0.51$ ;  $p < 0.05$ ) y en marzo ( $r = -0.56$ ;  $p < 0.05$ ). Además, se observó una ligera tendencia positiva, aunque no significativa, en los meses de julio, agosto y septiembre. Por su parte, en la zona de Vía Rocio (Figura 6B), se encontró una correlación negativa significativa entre la cronología y la precipitación en noviembre ( $r = -0.58$ ;  $p < 0.05$ ). Estos resultados sugieren que el crecimiento de *T. grandis* en ambas zonas puede estar influenciado de manera diferencial por la precipitación en meses específicos.

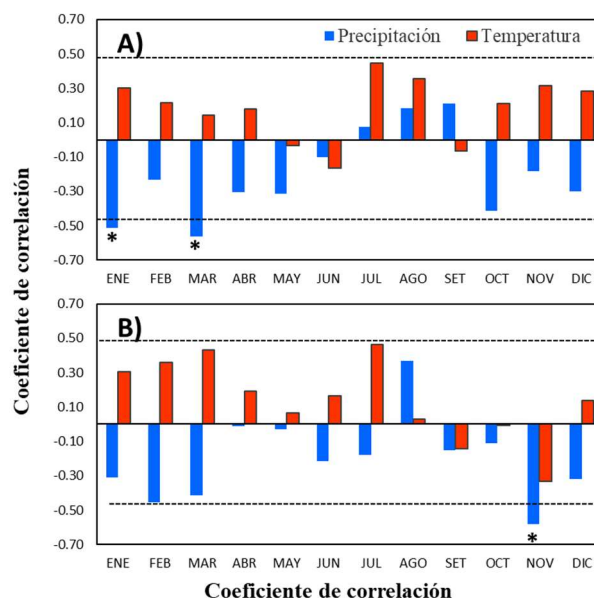


Figura 6. Sensibilidad climatológica de la cronología de *Tectona grandis*, con la precipitación media mensual y la temperatura del aire (\*) Denota significancia de  $p < 0.05$ . A) Zona de Iberia. B) Zona de Vía Rocio.

Figure 6. Climate sensitivity of the *Tectona grandis* chronology, with average monthly precipitation and air temperature (\*) Denotes significance at  $p < 0.05$ . A) Iberia Zone. B) Vía Rocio Zone.

### 3.5. Relación del crecimiento y la temperatura de la superficie del mar

El estudio de correlación entre las cronologías de *Tectona grandis* y las anomalías de la temperatura de la superficie del mar (SST) en los océanos Pacífico y Atlántico permitió identificar posibles influencias oceánicas sobre el crecimiento radial de los árboles en las zonas de estudio. Para ello, se

analizaron datos de SST correspondientes a los meses de noviembre a marzo, durante el periodo 2000-2017. A continuación, se detallan los patrones de correlación espacial observados en las zonas de Iberia y Vía Rocío, los cuales ofrecen una perspectiva sobre la interacción entre los cambios climáticos oceánicos y el desarrollo de *T. grandis* en cada sitio.

En la Zona Iberia (Figura 7A), se observa una fuerte correlación positiva en el océano Pacífico oriental, especialmente frente a las costas de Perú y Ecuador, una región frecuentemente afectada por el fenómeno de El Niño. Este fenómeno está asociado con el calentamiento de las aguas superficiales del Pacífico. Estos resultados sugieren que el crecimiento radial de *T. grandis* en Iberia está influenciado por las anomalías de SST del Pacífico durante el período de estudio.

En la Zona Vía Rocío (Figura 7B), se observan correlaciones positivas más evidentes en el Atlántico ecuatorial, lo que sugiere que las anomalías de temperatura en esta región tienen un impacto significativo sobre el crecimiento de *T. grandis* en este sitio. Aunque las correlaciones en el Pacífico son prácticamente inexistentes, la marcada influencia del Atlántico tropical destaca como un factor climático relevante para la variabilidad en el crecimiento de los árboles en esta zona.

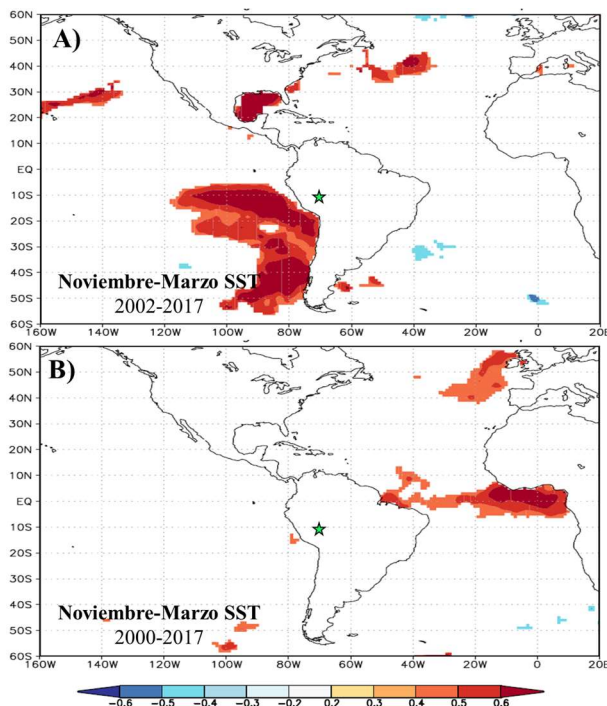


Figura 7. Patrones de correlación espacial entre la cronología maestra de *Tectona grandis* y las temperaturas de la superficie del mar (SST) en los océanos Pacífico y Atlántico de noviembre a marzo (2000-2017), para las dos zonas de estudio. A) Zona de Iberia. B) Zona de Vía Rocío. Los colores representan coeficientes de correlación de Pearson. Los cálculos se realizaron mediante KNMI Climate Explorer (<https://climexp.knmi.nl>). El sitio de muestreo está indicado con una estrella de color verde.

Figure 7. Spatial correlation patterns between the master chronology of *Tectona grandis* and sea surface temperatures (SST) in the Pacific and Atlantic oceans from November to March (2000-2017) for the three study areas. A) Iberia Zone. B) Vía Rocío Zone. The colors represent Pearson correlation coefficients. Calculations were performed using the KNMI Climate Explorer (<https://climexp.knmi.nl>). The sampling site is indicated by a green star.

## 4. DISCUSSION

Los resultados obtenidos en este estudio muestran patrones claros en la relación entre el crecimiento radial de *Tectona grandis* y las condiciones climáticas, particularmente en relación con la precipitación y las anomalías de la temperatura de la superficie del mar (SST). Las correlaciones encontradas entre el crecimiento y la SST, tanto en el océano Pacífico como en el Atlántico, reflejan la influencia de las condiciones oceánicas sobre el desarrollo de la teca en las zonas de estudio. Además, las diferencias observadas entre las zonas de Iberia y Vía Rocío sugieren que el contexto ambiental local y la composición de las plantaciones juegan un papel fundamental en la dinámica de crecimiento de *T. grandis*. Estos hallazgos responden a la pregunta planteada en la introducción sobre cómo las variables climáticas y ambientales afectan el crecimiento de esta especie en la región de Madre de Dios.

### 4.1. Anillos de crecimientos

En cuanto a la descripción de los anillos de crecimiento de los árboles de *T. grandis* en las dos zonas de estudio investigadas, se ha observado una coincidencia notable con la información encontrada en la literatura científica previa. Este hallazgo se apoya en los trabajos de diversos autores (Chuquicaja et al., 2020; Moya et al., 2009; Oliveira, 2011; Venegas, 2013; Zuñiga, 2012), quienes han documentado y descrito exhaustivamente la anatomía y morfología de los anillos de crecimiento en *T. grandis*. Estos resultados contribuyen a una mejor comprensión de la estructura anatómica de *T. grandis*, lo que es crucial para estudios dendrocronológicos y de ecología forestal.

### 4.2. Anillos de crecimientos falsos

Los resultados confirman la presencia de anillos falsos en la madera de teca, un fenómeno previamente documentado en la literatura (VENEGAS, 2013; ZUÑIGA, 2012). Al igual que en estudios anteriores, observamos líneas de parénquima marginal ligeramente más tenues que preceden a los anillos verdaderos. Sin embargo, una particularidad en nuestras muestras es que estas líneas no se presentan de manera constante en las cuatro muestras analizadas, lo que sugiere una discontinuidad en la formación de los anillos falsos, posiblemente vinculada a factores ambientales o de desarrollo, como sugieren Priya; Bhat (1998). Los análisis revelaron que los anillos falsos observados están compuestos principalmente por tejido parenquimático marginal tenue, lo que contrasta con lo informado por Palakit et al. (2016), quienes describieron la presencia de fibras densas en torno a los anillos falsos, además de parénquima paratraqueal y pequeños vasos. Estas diferencias en la densidad del tejido podrían estar relacionadas con variaciones específicas en las condiciones de crecimiento o en la respuesta de la madera a factores externos.

Además, Ugulino et al. (2014) señala que la aparición de anillos de crecimiento falsos es más frecuente en la madera juvenil que en la madura, lo que también se reflejó en estos resultados, donde observamos una mayor presencia de anillos falsos en las muestras más jóvenes. Esta diferencia podría estar influenciada por la susceptibilidad de la madera juvenil a las variaciones ambientales y fisiológicas, lo que refuerza la necesidad de considerar este aspecto en los estudios de crecimiento de *T. grandis*. Para mejorar la precisión en la identificación y análisis de estos anillos falsos en *T. grandis*, el



uso de técnicas avanzadas como la densitometría de rayos X resulta altamente valioso (GAITAN et al., 2019).

#### 4.3. Dendrocronología

Tras la obtención de los datos utilizando el software COFECHA, se procedió a utilizar el software ARSTAN para generar las cronologías maestras de los anillos de crecimiento correspondientes a cada una de las dos zonas de estudio. Estos resultados corroboran hallazgos previos de estudios dendrocronológicos realizados en Perú (Zuñiga, 2012) y Brasil (Moya et al., 2009b; Oliveira, 2011; Venegas, 2013), donde se ha observado que la especie *T. grandis* presenta características anatómicas sólidas y una notable intercorrelación entre sus anillos de crecimiento. Este hallazgo respalda la consistencia y fiabilidad de los datos obtenidos en este estudio y contribuye a la comprensión más profunda de la dinámica de crecimiento de la teca en estas regiones específicas.

#### 4.4. Incremento radial

En comparación con un estudio de evaluación de crecimiento realizado por González (2017) en la ciudad de Santiago de Cuba, Cuba, se examinaron dos plantaciones de *Tectona grandis* con edades de cinco y trece años. En este estudio, se encontró que la estimación del crecimiento, expresada como el incremento medio anual en el diámetro, fue de 1.2 y 1.6 cm/año, respectivamente. Estos valores guardan una notable similitud con los observados en la zona de estudio de Iberia, donde el promedio fue de 1.64 cm/año. Además, en un estudio en Timor oriental mencionan que los primeros 20 años de crecimiento *T. grandis* crece 0.73 cm/año (SOUSA et al., 2012).

Diversos estudios han demostrado que el espaciamiento entre los árboles en las plantaciones tiene un efecto significativo tanto en *Tectona grandis* como en otras especies forestales, influyendo en el crecimiento y las propiedades tecnológicas de la madera (AMODEI et al., 2021; HÉBERT et al., 2016; ZAHABU et al., 2015). Este factor podría explicar las variaciones observadas en el crecimiento radial de *T. grandis* entre las dos zonas de estudio.

#### 4.5. Relación clima – crecimiento

Aunque investigaciones previas en América del Sur sobre dendrocronología han indicado que la precipitación puede representar un factor restrictivo en el crecimiento de las especies forestales autóctonas, (Latorraca et al., 2015; Oliveira, 2011; Venegas, 2013; Zuñiga, 2012), en el caso de *T. grandis* en la región de Madre de Dios, no se observa una relación estrecha con la precipitación como factor limitante. En cambio, parece que la especie muestra un mejor crecimiento después de la época de lluvias.

#### 4.6. Relación el crecimiento y la Temperatura de la Superficie del Mar SST.

Los estudios de dendrocronología han revelado la influencia de la temperatura de la superficie del mar (SST) en el crecimiento de especies arbóreas tropicales (ARAGÃO et al., 2019; LAYME-HUAMAN et al., 2018; MENEZES et al., 2022; PORTAL-CAHUANA et al., 2023; REQUENA et al., 2020). Estos análisis han evidenciado la sensibilidad del crecimiento de los árboles a los factores climáticos locales y a las teleconexiones con las SST del Pacífico y Atlántico. La variabilidad de la temperatura ha sido identificada como un

factor influyente en los anillos de crecimiento de estas especies (Locosselli et al., 2019; Aragão et al., 2022; Menezes et al., 2022), hallazgos que coinciden con los obtenidos en esta investigación. Estos resultados subrayan la importancia de comprender la relación entre variables climáticas como la temperatura y la precipitación, y el crecimiento de especies arbóreas tropicales a través de estudios dendrocronológicos.

### 5. CONCLUSIONES

A través del análisis dendrocronológico, se demostró una alta correlación en el crecimiento de los anillos de esta especie (0.456 y 0.482), confirmando la fiabilidad de las técnicas aplicadas y la consistencia de los datos obtenidos. La dinámica de crecimiento de la especie en las zonas de estudio mostró diferencias de 1.64 cm/año (Zona Iberia) y 1.21 cm/año (Zona de Vía Rocío) influencia por la composición de la plantación.

Apesar de que no se observó una relación directa significativa entre el crecimiento radial y las variaciones climáticas locales, se identificaron patrones de correlación entre el crecimiento de *T. grandis* y las anomalías de la temperatura de la superficie del mar en los océanos Pacífico y Atlántico, sugiriendo la influencia de factores climáticos globales en su desarrollo. Estos hallazgos no solo proporcionan una visión integral sobre la dinámica de crecimiento de la teca en esta región amazónica, sino que también abren la puerta a futuras investigaciones que permitan explorar con mayor detalle la interacción entre el clima global y el desarrollo de especies forestales.

La historia de la teca en Madre de Dios es apenas el comienzo de un estudio más amplio sobre la adaptación y resiliencia de las plantaciones forestales en el contexto de un clima cambiante.

### 6. REFERENCIAS

- AMODEI, J. B.; LATORRACA, J. V. de; SANTOS, G. C. V. dos; MARTINS, B. C. Wood quality of young teak in different planting spaces. *Floresta e Ambiente*, v. 28, n. 4, p. 9, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087-floram-2021-0026>
- ARAGÃO, J. R. V.; ZUIDEMA, P. A.; GROENENDIJK, P. Climate-growth relations of congeneric tree species vary across a tropical vegetation gradient in Brazil. *Dendrochronologia*, v. 71, e125913, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125913>
- ARAGÃO, J.; GROENENDIJK, P.; LISI, C. S. Dendrochronological potential of four neotropical dry-forest tree species: Climate-growth correlations in northeast Brazil. *Dendrochronologia*, v. 53, p. 5-16, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.099717>
- BAHTIAR, E. T.; KIM, N.-H.; ISWANTO, A. H. Biological rotation age of community teak (*Tectona grandis*) plantation based on the volume, biomass, and price growth curve determined through the analysis of its tree ring digitization. *Forests*, v. 14, n. 10, E1944, 2023. <http://dx.doi.org/10.3390/f14101944>
- BUNN, A. Statistical and visual crossdating in R using the dplR library. *Dendrochronologia*, v. 28, p. 251-258, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2009.12.001>
- ČERNÝ, J.; HANINEC, P.; NOVOSADOVÁ, K.; PATOČKA, Z.; HANINEC, P.; MADĚRA, P. Provenance affects the growth and mortality of teak (*Tectona grandis* L.f.) plantations cultivated in central

- Nicaragua. **Journal of Forest Science**, v. 69, n. 1, p. 1-10, 2023. <http://dx.doi.org/10.17221/115/2022-JFS>
- CHUQUICAJA, C. E. S.; ROCHA, M. P. da; KLITZKE, R. J.; MORA, H. E. G. Caracterización anatómica radial y axial de la madera de teca (*Tectona grandis* L. f.) plantada en Chanchamayo – Perú. **Ciência da Madeira**, v. 11, n. 2, p. 107-120, 2020. <http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830/rcm.v11n2p107-120>
- DOUGHTY, C. E.; KEANY, J. M.; WIEB, B. C.; REY-SANCHEZ, C.; CARTER, K. R.; MIDDLEBY, K. B.; CHEESMAN, A. W.; GOULDEN, M. L.; ROCHA, H. R. da; MILLER, S. D.; MALHI, Y.; FAUSET, S.; GLOOR, E.; SLOT, M.; MENOR, I. O.; CROUS, K. Y.; GOLDSMITH, G.; FISHER, J. B. Tropical forests are approaching critical temperature thresholds. **Nature**, v. 621, e7977, p. 105-111, 2023. <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-023-06391-z>
- FERNÁNDEZ-MOYA, J.; ALVARADO, A.; MIGUEL-AYANZ, A. S.; MARCHAMALO-SACRISTÁN, M. et al. Forest nutrition and fertilization in teak (*Tectona grandis* L.f.) plantations in Central America. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 44, n. Suppl 1, p. S6, 2014. <http://dx.doi.org/10.1186/1179-5395-44-S1-S6>
- FOSTER, R.; PARKER, T.; GENTRY, A. (Eds.). **The Tambopata-Candamo reserved zone of southeastern Perú: a biological assessment**. Washington, DC: Conservation International, Department of Conservation Biology, 1994. 192p.
- GAITAN, J.; MOYA, R.; BERROCAL, A. The use of X-ray densitometry to evaluate the wood density profile of *Tectona grandis* trees growing in fast-growth plantations. **Dendrochronologia**, v. 55, p. 71-79, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2019.04.004>
- GIBBS, H. K.; RUESCH, A. S.; ACHARD, F.; CLAYTON, M. K.; HOLMGREN, P.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. A. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 38, p. 16732-16737, 2010. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0910275107>
- GUERRA-DE LA CRUZ, V.; GALICIA, L. Tropical and highland temperate forest plantations in Mexico: pathways for climate change mitigation and ecosystem services delivery. **Forests**, v. 8, n. 12, e489, 2017. <http://dx.doi.org/10.3390/f8120489>
- HARRIS, I.; JONES, P. D.; OSBORN, T. J.; LISTER, D. H. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset: Updated High-Resolution Grids of Monthly Climatic Observations. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 3, p. 623-642, 2013. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.3711>
- HARTUNG, M.; CARREÑO-ROCABADO, G.; PEÑACAROS, M.; Van der SANDE, M. T. Tropical dry forest resilience to fire depends on fire frequency and climate. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 4, e755104, 2021. <http://dx.doi.org/10.3389/ffgc.2021.755104>
- HEALEY, S. P.; GARA, R. I. The effect of a teak (*Tectona grandis*) plantation on the establishment of native species in an abandoned pasture in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 176, n. 1-3, p. 497-507, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/s0378-1127\(02\)00235-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0378-1127(02)00235-9)
- HÉBERT, F.; KRAUSE, C.; PLOURDE, P.-Y.; ACHIM, A.; PRÉSENT, G.; MÉNÉTRIER, J. Effect of tree spacing on tree level volume growth, morphology, and wood properties in a 25-Year-Old *Pinus banksiana* plantation in the boreal forest of Quebec. **Forests**, v. 7, n. 11, e76, 2016. <http://dx.doi.org/10.3390/f7110276>
- HOLMES, R. **Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement**. Tree-ring bulletin, 1983. 11p.
- ISLAM, M.; RAHMAN, M.; BRÄUNING, A. Growth-ring boundary anatomy and dendrochronological potential in a moist tropical forest in Northeastern Bangladesh. **Tree-Ring Research**, v. 74, n. 1, p. 76-93, 2018. <http://dx.doi.org/10.3959/1536-1098-74.1.76>
- JUÁREZ-OROZCO, S. M.; SIEBE, C.; FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, D. Causes and effects of forest fires in tropical rainforests: a bibliometric approach. **Tropical Conservation Science**, v. 10, e194008291773720, 2017. <http://dx.doi.org/10.1177/1940082917737207>
- KARMACHARYA, S. B.; SINGH, K. P. Biomass and net production of teak plantations in a dry tropical region in India. **Forest Ecology and Management**, v. 55, n. 1-4, p. 233-247, 1992. [http://dx.doi.org/10.1016/0378-1127\(92\)90103-g](http://dx.doi.org/10.1016/0378-1127(92)90103-g)
- KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. México, 1948.
- LATORRACA, J. V. de F.; SILVA, L. D. S. A. B. da; RAMOS, L. M. A. dendrocronologia de árvores de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake de ocorrência na REBIO de Tinguá-RJ. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 385-394, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000200018>
- LAYME-HUAMAN, E. T.; FERRERO, M. E.; PALACIOS-LAZARO, K. S.; REQUENA-ROJAS, E. J. *Cedrela nebulosa*: A novel species for dendroclimatological studies in the montane tropics of South America. **Dendrochronologia**, v. 50, p. 105-112, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2018.06.004>
- LEWIS, S. L. Tropical forests and the changing earth system. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v. 361, n. 1465, p. 195-210, 2006. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2005.1711>
- LIMA, I. L. de; RANZINI, M.; LONGUI, E. L.; BARBOSA, J. de A. Wood characterization of *Tectona grandis* L. F. cultivated in Brazil: a review of the last 30 years. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, e162101421549, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21549>
- LOCOSSELLI, G. M.; KROTTENTHALER, S.; PITSCH, P.; ANHUF, D.; CECCANTINI, G. Impact of temperature on the growth of a Neotropical tree species (*Hymenaea courbaril*, Fabaceae) at its southern distribution limit. **International Journal of Biometeorology**, v. 63, n. 12, p. 1683-1692, 2019. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-019-01786-y>
- MALHI, Y. et al. An international network to monitor the structure, composition and dynamics of Amazonian forests (RAINFOR). **Journal of Vegetation Science**, v. 13, n. 3, p. 439-450, 2002. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02068.x>



- MASCARENHAS, A. R. P.; SCCOTI, M. S. V.; MELO, R. R. de; CORRÊA, F. L. de O.; SOUZA, E. F. M. de; PIMENTA, A. S. Quality assessment of teak (*Tectona grandis*) wood from trees grown in a multi-stratified agroforestry system established in an Amazon rainforest area. **Holzforschung**, v. 75, n. 5, p. 409-418, 2021. <http://dx.doi.org/10.1515/hf-2020-0082>
- MENEZES, I. R. N.; ARAGÃO, J. R. V.; PAGOTTO, M. A.; LISI, C. S. Teleconnections and edaphoclimatic effects on tree growth of *Cedrela odorata* L. in a seasonally dry tropical forest in Brazil. **Dendrochronologia**, v. 72, e125923, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2022.125923>
- MOYA, R.; BERROCAL, A.; SERRANO, J. R.; TOMAZELLO FO, M. Radial variation of anatomical features, wood density and decay resistance in teak (*Tectona grandis*) from two qualities of growing sites and two climatic regions of Costa Rica. **Forest Systems**, v. 18, n. 2, e119, 2009. <http://dx.doi.org/10.5424/fs/2009182-01055>
- NAMBIAR, E. K. S. Small forest growers in tropical landscapes should be embraced as partners for Green-growth: Increase wood supply, restore land, reduce poverty, and mitigate climate change. **Trees, Forests and People**, v. 6, e100154, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100154>
- NÖLTE, A.; YOUSEFPOUR, R.; CIFUENTES-JARA, M.; PIOTTO, D.; MURILLO, O.; ZÚÑIGA, P.; HANEWINKEL, M. Broad-scale and long-term forest growth predictions and management for native, mixed species plantations and teak in Costa Rica and Panama. **Forest Ecology and Management**, v. 520, e120386, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120386>
- OLIVEIRA, B. **Dendrocronologia e análise da variação radial da densidade do lenho de árvores de *Tectona grandis* L.f., do município de Cáceres, MT**. 64f. Dissertação [Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais] – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.
- OTZEN, T.; MANTEROLA, C. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. **International Journal of Morphology**, v. 35, n. 1, p. 227-232, 2017. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- PALAKIT, K.; DUANGSATHAPORN, K.; SIRIPATANADILOK, S. Climatic fluctuations trigger false ring occurrence and radial-growth variation in teak (*Tectona grandis* L.f.). **iForest - Biogeosciences and Forestry**, v. 9, n. 2, p. 286-293, 2016. <http://dx.doi.org/10.3832/ifer1100-008>
- PORTAL, L. A. C.; GUEVARA, B. A. H.; LUQUE, E. M. M.; PALERMO, G. P. de M.; LATORRACA, J. V. de F. Dendrochronology of two forest species in the urban area of the city of Puerto Maldonado, Peru. **Floresta**, v. 51, n. 3, p. 703-712, 2021. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v51i3.72410>
- PORTAL, L.; SOAREZ, J. C.; HUACAC, L. O. S.; ALVARADO, G. S.; GUEVARA, B. A. H. Dendrocronología de *Jacaranda copaia* que contiene registro ENSO en Madre de Dios, Perú. **Nativa**, v. 8, n. 4, p. 572-578, 2020. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i4.10082>
- PORTAL-CAHUANA, L. A.; HUAMÁN-GUEVARA, R. M.; COLINA-NANO, H. C. *Zanthoxylum rhoifolium* y su potencial para estudios dendrocronológicos en la Amazonía peruana. **Ciência Florestal**, v. 33, n. 1, p. 1-19, 2023. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509867592>
- PRIYA, P. B.; BHAT, K. M. False ring formation in teak (*Tectona grandis* L.f.) and the influence of environmental factors. **Forest Ecology and Management**, v. 108, n. 3, p. 215-222, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00227-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00227-8)
- REQUENA, E. J.; MORALES, M.; VILLALBA, R. Dendroclimatological assessment of *Polylepis rodolfovasquezii*: A novel *Polylepis* species in the Peru highlands. **Dendrochronologia**, v. 62, e125722, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2020.125722>
- ROBERTS, P.; HAMILTON, R.; PIPERNO, D. R. Tropical forests as key sites of the “Anthropocene”: Past and present perspectives. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 40, e2109243118, 2021. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.2109243118>
- SCHÖNGART, J.; JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; AYRES, J. M.; HÜTTERMANN, A.; WORBES, M. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño-Southern Oscillation effect. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 683-692, 2004. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00754.x>
- SOLORZANO, L. A. Ecosystems of South America. In: **Encyclopedia of Biodiversity**. [s.l.] Elsevier, 2013. p. 105-117. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00276-8>
- SOUSA, V. B.; CARDOSO, S.; QUILHÓ, T.; PEREIRA, H. Growth rate and ring width variability of teak, *Tectona grandis* (Verbenaceae) in an unmanaged forest in East Timor. **Revista de Biología Tropical**, v. 60, n. 1, p. 483-494, 2012. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v60i1.2783>
- TELLES, R. A.; LUNA, J. A. N.; RODRÍGUEZ, E. A.; CALDERÓN, O. A. A.; PÉREZ, J. J.; CÁRDENAS, M. G.; FLOERS, H. J. M. Propiedades físico-mecánicas de la madera *Tectona grandis* L. f. de una plantación comercial en el estado de Michoacán. **Revista Mexicana de Ciencias Forestales**, v. 8, n. 40, p. 37-56, 2017.
- TROUET, V.; VAN OLDENBORGH, G. KNMI Climate Explorer: A Web-Based research tool for high-resolution paleoclimatology. **Tree-Ring Research**, v. 69, n. 1, p. 3-13, 2013. <http://dx.doi.org/10.3959/1536-1098-69.1.3>
- UGULINO, B.; LATORRACA, J.; TOMAZELLO, M. Tree-ring growth response of teak (*Tectona grandis* L.f.) to climatic variables in Central-West region of Brazil. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 104, p. 473-482, 2014.
- VENEGAS, A. D. G. **Dendrocronología de árboles de *Tectona grandis* L. e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf de plantação da Mata da Pedreira, Campus da ESALQ-USP, Piracicaba, SP**. 143f. Dissertação [Mestrado em Ciências – Recursos Florestais] - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2013.
- ZAHABU, E.; RAPHAEL, T.; CHAMSHAMA, S. A. O.; IDDI, S.; MALIMBWI, R. E. Effect of spacing regimes on growth, yield, and wood properties of *Tectona grandis* at Longuza Forest Plantation, Tanzania. **International Journal of Forestry Research**, v. 2015, p. 1-6, 2015. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/469760>
- ZÚÑIGA, C. **Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de *Tectona grandis* Lf**

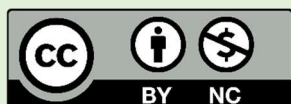
**procedente del Fundo Génova-Junín.** 93f. Tesis [Ingeniero Florestal] - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú, 2012.

**Agradecimientos:** Los autores agradecen a la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, por las facilidades en el uso del Laboratorio de Anatomía de la Madera.

**Contribuciones de los autores:** L.A.P-C.: contributed to the conception, experimental work and interpretation of the analyzed data, writing and reviewing of the manuscript, and read and approved the final manuscript.; D.E.D-S.: contributed to the investigation and methodology, read and approved the final manuscript.

**Data availability:** The corresponding author can obtain study data by e-mail.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest. Supporting entities had no role in the study's design, data collection, analysis, or interpretation, manuscript writing, or decision to publish the results.



**Copyright:** © 2024 by the authors. This article is an Open-Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons **Attribution-NonCommercial (CC BY-NC)** license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).