

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Influencia de la variabilidad climática en
las características anatómicas del género
Ocotea Aubl. y *Aniba Aubl.* en Satipo,
Junín, 2021**

Danessa Clarita Reyes Aliaga

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESORA

Mg. Janet Gaby Inga Guillen

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) por el financiamiento del proyecto: «MaderApp: Un aplicativo móvil para el reconocimiento automático y en tiempo real de especies maderables comerciales para combatir la tala ilegal en Selva Central» con Contrato N°043-2019-FONDECYT-BM-INC.INV. Agradezco al proyecto, por darme la oportunidad de desarrollar mi tesis y ampliar las fronteras de mi conocimiento en anatomía de la madera y dendrocronología. Asimismo, a la universidad Continental por proporcionarme la infraestructura, equipos y materiales del laboratorio de Anatomía de la Madera y el taller de carpintería para el procesamiento de muestras y análisis de resultados.

A los investigadores del proyecto: Dr. Mario Tommasiello Filho por la invitación al «Curso virtual de dendrocronología: Principios y aplicaciones del análisis de los anillos de crecimiento» y sus valiosos conocimientos que aportaron al tema de investigación. Al Dr. Ignacio Del Valle Arango por sus recomendaciones y sugerencias para mejorar el trabajo de investigación. Al Dr. Jorge Giraldo Jiménez por capacitarnos en el taller presencial de dendrocronología, uso de programas y obtención de datos durante su visita a Perú.

A mi asesora: Mg. Janet Gaby Inga Guillen, coordinadora del proyecto MaderApp por su apoyo y soporte académico durante el desarrollo de la investigación. A la Blga. Cassiana Alves Ferreira por las contribuciones y enseñanzas en el análisis y resultados de las características anatómicas, y acompañamiento en el laboratorio; asimismo, al Ing. Jimmy Requena Rojas por las recomendaciones para el desarrollo de resultados.

A la maderera Alexis y a la comunidad nativa: Tres Unidos de Matereni, del distrito Pangoa -Satipo, por permitirnos el ingreso al bosque y a las parcelas de corta para la obtención de muestras botánicas y rodajas de madera.

A los técnicos del proyecto: Ing. Osir Vidal Alanya por su dirección en las salidas campo y al Ing. Raul Huacho Buendía por la orientación académica en el laboratorio y a mis compañeros tesisistas: Benji Ascue, Walter Goytendia, Sthefany Moya y Thonny Centeno por su apoyo y amistad durante este proceso.

DEDICATORIA

Al divino creador por darme vida, salud y familia que me motiva a ser mejor cada día.

A mis padres: Tito Reyes y Yeny Aliaga por su apoyo incondicional durante mi formación personal y profesional.

A mi hermano Deimer, para que seamos ejemplo de fortaleza y perseverancia.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	15
1.1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.1.2. Formulación del problema.....	17
1.2. Objetivos.....	17
1.2.1. Objetivo general	17
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
1.3. Justificación e importancia	18
1.3.1. Justificación	18
1.3.2. Importancia	18
1.4. Hipótesis de investigación.....	19
1.4.1. Hipótesis general.....	19
1.4.2. Hipótesis específica.....	19
1.5. Variables.....	20
1.5.1. Variables dependientes	20
1.5.2. Variables independientes	20
1.5.3. Operacionalización de la variable	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes del problema.....	23
2.1.1. Artículos científicos	23
2.1.2. Tesis	26
2.2. Bases teóricas.....	28
2.2.1. Variables climáticas.....	28

2.2.2. Anatomía de la madera	31
2.2.3. Dendrocronología.....	35
2.2.4. Descripción de las especies	40
2.3. Definición de términos básicos	47
2.3.1. Cambio climático	47
2.3.2. Clima	47
2.3.3. Vaso	47
2.3.4. Anillo clave.....	47
2.3.5. Radio	48
2.3.6. Fechado	48
2.3.7. Cofechado.....	48
2.3.8. Serie o cronología maestra	48
2.3.9. Estandarización.....	48
2.3.10. EPS	48
2.3.11. Rbar	48
2.3.12. Sensibilidad Media	49
2.3.13. Percentil	49
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	50
3.1. Métodos y alcances de la investigación	50
3.1.1. Método de la Investigación.....	50
3.1.2. Alcances de la investigación	50
3.1.2.1. Tipo de investigación.....	50
3.1.2.2. Nivel de investigación.....	51
3.1.3. Diseño de la Investigación	51
3.2. Población y muestra.....	51
3.2.1. Población.....	51
3.2.2. Muestra	51
3.3. Descripción del área de estudio	52
3.3.1. Área de estudio	52
3.3.2. Zona de vida	53
3.3.3. Ecología	53
3.3.4. Clima	53
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
3.4.1. Obtención de muestras.....	53

3.4.2. Preparación de muestras	55
3.4.3. Caracterización anatómica de la madera	55
3.4.4. Análisis dendrocronológico.....	56
3.4.5. Recopilación y análisis de datos meteorológicas.....	58
3.4.6. Correlación de variables climáticas con el ancho de anillos.....	59
3.4.7. Obtención de índices de precipitación y temperatura.....	59
3.4.8. Correlación de precipitación y temperatura con características cuantitativas de vasos	60
3.4.9. Análisis estadístico	60
3.4.10. Lista de equipos y materiales de campo.....	61
3.4.11. Lista de equipos y materiales de laboratorio	61
3.5. Esquema de Investigación	62
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	63
4.1. Caracterización anatómica del género <i>Ocotea</i> y <i>Aniba</i>	63
4.1.1. Descripción de la madera de árboles del género <i>Ocotea</i>	63
4.1.2. Descripción de la madera de árboles del género <i>Aniba</i>	65
4.2. Análisis dendrocronológico	66
4.2.1. Obtención de cronología maestra	66
4.2.2. Estandarización de cronología maestra	66
4.2.3. Correlación de variables climáticas con el ancho de anillos.....	67
4.3. Correlación de precipitación y temperatura con características cuantitativas de vasos	72
4.4. Discusiones.....	76
4.4.1. Caracterización anatómica del género <i>Ocotea</i> y <i>Aniba</i>	76
4.4.2. Análisis dendrocronológico.....	77
4.4.3. Correlación de precipitación y temperatura con características cuantitativas de vasos.	79
RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	21
Tabla 2. Estadísticos de la cronología residual	67
Tabla 3. Correlación de variables climáticas con el índice de ancho de anillos	68
Tabla 4. Estadísticos del diámetro tangencial de vasos	73
Tabla 5. Estadísticos de mediciones de longitud de vasos.....	74
Tabla 6: Estadísticos de frecuencia de vasos.....	75
Tabla 7. Matriz de consistencia	97
Tabla 8: Valores extremos de temperatura mínima (percentil 75 y 25).....	106
Tabla 9. Valores extremos para precipitación.....	106
Tabla 10. Prueba ANOVA de un factor para diámetro tangencial de vaso	106
Tabla 11. Prueba Tuckey para diámetro tangencial de vaso	106
Tabla 12. Prueba ANOVA de un factor para longitud de vaso.....	107
Tabla 13. Prueba ANOVA de un factor para frecuencia de vaso	107
Tabla 14. Prueba Tuckey para frecuencia de vaso	107
Tabla 15. Datos de precipitación total mensual (mm) de la estación meteorológica de Satipo, SENAMHI	108
Tabla 16. Datos de temperatura mínima (°C) de la estación meteorológica de Satipo, SENAMHI	110
Tabla 17. Datos de temperatura máxima (°C) de la estación meteorológica de Satipo, SENAMHI	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planos de corte de la madera.....	32
Figura 2. Características cuantitativas del diámetro tangencial y frecuencia de vasos	35
Figura 3. Características cuantitativas de la longitud de vasos	35
Figura 4. Distribución geográfica de la familia de Lauraceae en América latina, África y Asia	41
Figura 5. Muestra botánica del árbol <i>Ocotea aciphylla</i> (Ness & Mart.) Mez.....	42
Figura 6. Muestra botánica del árbol <i>Aniba puchury minor</i> (Mart.) Mez.....	45
Figura 7. Muestra botánica del árbol <i>Ocotea whitei</i> Woodson.....	46
Figura 8. Bosque de la comunidad nativa Tres Unidos de Matereni.....	52
Figura 9. Mapa de ubicación del área de estudio	52
Figura 10. Rodajas de los árboles del género <i>Ocotea</i> y <i>Aniba</i>	54
Figura 11. Muestras botánicas del género <i>Ocotea</i> y <i>Aniba</i>	54
Figura 12. Obtención de radios en la sección transversal de árbol.....	55
Figura 13. Fechado de los radios o series.....	57
Figura 14. Diagrama climático mensual para el área de estudio	58
Figura 15. Esquema de investigación	62
Figura 17. Características microscópicas del plano transversal de <i>Ocotea whitei</i> Woodson con un aumento de 40x 100x, plano radial y plano tangencial con aumento de 100x (d).....	64
Figura 18. Características macroscópicas en el plano transversal de <i>Aniba</i> <i>puchury minor</i> (Mart.) Mez.con un aumento de 40x en (a) y (b)	65
Figura 19. Características microscópicas del plano transversal de <i>Aniba</i> <i>puchury minor</i> (Mart.) Mez con un aumento de 100x (a), radial (b) y tangencial con aumento de 100x (c)	65
Figura 20. Cronología maestra para árboles del género <i>Ocotea</i> y <i>Aniba</i>	66
Figura 21. Cronología de ancho de anillos (a) y estadísticos \bar{R} y EPS de 40 años con un traslape de 20 años (b).....	67
Figura 22. Correlación de la precipitación con el índice de ancho de anillos ...	68
Figura 23. Correlación de temperatura mínima con el índice de ancho de anillos	69

Figura 25. Correlación de índice de precipitación con índice de ancho de anillos	71
Figura 26. Correlación de índice de temperatura mínima con índice de ancho de anillos	71
Figura 27. Imagen digitalizada de los anillos de crecimiento: 2014 (anillo estrecho), 2012 (anillo ancho) y 2007 (anillo control)	72
Figura 28. Diagrama de caja y bigotes para diámetro tangencial de vasos	73
Figura 29. Diagrama de caja y bigotes para longitud de vasos	74
Figura 31. Solicitud de permiso a SERFOR para la recolección de rodajas de madera	99
Figura 32. Constancia de la identificación botánica del género Ocotea y Aniba	102
Figura 33. Recolección de rodajas y hojas de los árboles en el bosque de la comunidad nativa de Tres Unidos de Matereni	103
Figura 34. Lijado y obtención de radios de las rodajas de madera	103
Figura 35. Corte de cubos de madera para la descripción macroscópica y microscópica.....	104
Figura 36. Delimitación de anillos de crecimiento mediante densitometría de rayos X.....	104
Figura 37. Fechado y cofechado de las muestras de madera	104
Figura 38. Preparación de muestras para medir las características cuantitativas de vasos.	105
Figura 39. Características anatómicas cuantitativas: diámetro tangencial, longitud y frecuencia de vasos	105

RESUMEN

Las variables climáticas determinan las condiciones de vida de un ecosistema como el bosque tropical, mientras que la ecoanatomía estudia las estrategias adaptativas de los árboles a través de su estructura anatómica. Para proponer y adoptar estrategias de conservación de los bosques tropicales frente al cambio climático, es necesario conocer la influencia de la variabilidad climática en las características anatómicas de los árboles.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la influencia de las variables climáticas (precipitación y temperatura) en las características anatómicas de los árboles del género *Aniba* y *Ocotea*, mediante la dendrocronología y ecoanatomía de la madera. Se desarrolló una cronología de ancho de anillos de crecimiento de 162 años (1859-2020) y se utilizaron datos de la estación meteorológica Satipo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, SENAMHI para obtener los índices de precipitación (1991-2020) y temperatura (1996-2020). Para la identificación de años extremos en el ancho de anillos, se utilizó el percentil 25 (anillos estrechos) y 75 (anillos anchos) y se midieron las características cuantitativas de los vasos (diámetro tangencial, longitud y frecuencia) en cada anillo.

La precipitación ($r = -0.593$) y la temperatura ($r = -0.538$) influyen en el crecimiento de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba*. La variabilidad de precipitaciones y temperatura influyen significativamente en el diámetro tangencial de los vasos ($p < 0.05$) y la frecuencia de vasos ($p < 0.05$). El árbol prioriza la eficiencia en la conducción de agua con el aumento del diámetro y la frecuencia de vasos para evitar perder la seguridad hídrica.

Palabras clave: Variables climáticas, temperatura y precipitación, ecoanatomía, género *Ocotea* y *Aniba*.

ABSTRACT

Climate variables determine the living conditions for an ecosystem, such as the tropical forest, while ecoanatomy studies the adaptive strategies of trees through their anatomical structure. For the planning and adoption of conservation strategies in the face of climate change, it is necessary to know the influence of climate variability on the anatomical characteristics of a tree.

The present work aims to evaluate the influence of climatic variables (precipitation and temperature) on the anatomical characteristics of trees of the genus *Aniba* and *Ocotea*, by means of dendrochronology and wood ecoanatomy. A 161-year ring width chronology (1859-2020) was developed from 5 trees and data from the Satipo meteorological station of the National Service of Meteorology and Hydrology of Peru (SENAMHI) were used to obtain the precipitation (1991-2020) and temperature (1996-2020) indexes. For the identification of extreme years in the width of rings, the 75th and 25th percentile was used and the quantitative characteristics of each ring were measured: tangential diameter, length and vessel frequency.

The growth of *Ocotea* and *Aniba* genus trees is influenced by precipitation ($r = -0.593$; $p\text{-value} = 0.00055$) and temperature ($r = -0.538$; $p\text{-value} = 0.0067$), which significantly influence the frequency (wide ring / narrow ring $r = 0.00086$) (control ring / narrow ring = 0.00779) and tangential diameter (control ring / narrow ring = 0.0345) of the vessel. The tree prioritizes water conveyance efficiency by increasing the number and dimensions of the vessels to avoid losing water security.

Key words: Climatic variables, precipitation and temperature, ecoanatomy, genus *Ocotea* and *Aniba*.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático repercute en la distribución de precipitación y temperatura a lo largo de los años, la variabilidad climática es el factor que condiciona la dinámica de crecimiento de los bosques en estaciones secas y lluviosas, la respuesta del árbol ante los eventos climáticos extremos quedan registrado en los anillos de crecimiento observados en las características anatómicas de la madera y se dan a conocer mediante variaciones en el ancho de anillos y las características cuantitativas de los vasos (diámetro tangencial, longitud y frecuencia).

La ecoanatomía de la madera y dendrocronología permiten encontrar relaciones entre las variables climáticas de precipitación y temperatura con las variaciones en el ancho de anillos de crecimiento para la reconstrucción de climas pasados e identificación de eventos extremos con la finalidad de predecir climas futuros.

La gran diversidad de especies arbóreas en los bosques de Satipo permite ampliar el conocimiento de cómo fueron los climas del pasado, la identificación de variables climáticas que influyen en el crecimiento de los árboles y las adaptaciones de los árboles ante eventos extremos ocurridos a lo largo del tiempo.

La siguiente tesis de investigación se divide en 4 capítulos. En el capítulo I, se describe el planteamiento y formulación del problema, los objetivos, la justificación e importancia, las hipótesis y la descripción de la operacionalización de variables.

En el capítulo II se presenta el marco teórico, antecedentes de investigación, bases teóricas y fundamentos de la ecoanatomía, la dendrocronología y las variables climáticas de manera general y finalmente la definición de términos básicos.

En el capítulo III se describe la metodología, el alcance de la investigación, el diseño, la delimitación del área de estudio y las técnicas para la recolección de datos utilizados.

En el capítulo IV se presentan los resultados de las características macroscópicas y microscópicas, el desarrollo de la cronología de ancho de anillos, la relación entre la precipitación y la temperatura con el crecimiento del árbol y finalmente la influencia de la variabilidad climática en las características cuantitativas de los vasos (diámetro tangencial, longitud y frecuencia). En la discusión se compararon los resultados con otros estudios nacionales e internacionales para finalmente desarrollar las conclusiones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), estiman que las actividades humanas causan un calentamiento global en 1.0 °C aproximadamente (1). Actualmente, las actividades industriales incrementan la temperatura entre 0.8 °C a 1.2 °C, por ello es probable que la temperatura se incremente hasta 1.5 °C para el año 2030 (2). Estas diferencias en las características regionales del clima actual y un posible incremento en el futuro provocarían un aumento en la temperatura media con sucesos extremos de calor en regiones terrestres y oceánicas; además, la precipitación también se incrementaría para varias regiones (3).

Los bosques tropicales son sensibles a los efectos de la variabilidad climática, las temperaturas extremas afectan de manera gradual a los árboles. El incremento en la ocurrencia de fenómenos meteorológicos ocasiona una reducción en el rango de distribución de los árboles provocando un aumento en la mortalidad y un desequilibrio en los ecosistemas cercanos (4).

En el Perú, las temperaturas máximas y mínimas han estado incrementándose hasta en 0.2 °C en todas las regiones (5). La tendencia en la duración de los periodos secos viene siendo mayor en comparación con los

periodos húmedos, incluso en la provincia de Satipo se reportan variaciones significativas en el incremento y disminución de la precipitación, mientras, las variaciones de temperatura no son tan marcadas (6) (7).

En el proceso de crecimiento del árbol interviene el clima, la luz solar, factores ambientales, factores biológicos, edafológicos y genéticos (8). El crecimiento del árbol inicia con la activación del cambium vascular mediante la formación de nuevas células. Esta actividad es sensible a los factores ambientales y se refleja en los anillos de crecimiento (9).

Para conocer la respuesta de los árboles ante las variaciones de precipitación y temperatura es necesario recurrir a la ecoanatomía (10). Los árboles desarrollan adaptaciones y se expresan en la variación del ancho de anillos de crecimiento y características anatómicas relacionadas a la conducción hídrica como son los vasos, pueden optar por aumentar o disminuir las dimensiones del diámetro tangencial y longitud, mientras que en la frecuencia varia la cantidad de vasos (11) o modificar la longitud y espesor de fibras. Para explicar la resiliencia del árbol ante la variabilidad climática, es necesario estudiar los anillos de crecimiento y las características cuantitativas para comprobar si vasos con diámetros menores y longitudes largas pertenecen a climas húmedos y cálidos (12).

Los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* pertenecen a la familia Lauraceae y presentan amplia distribución en la provincia de Satipo. Son los géneros con mayor número de especies (13), entre ellos *Ocotea whitei* Woodson, *Ocotea sp.* Aubl y *Ocotea aciphylla* (Nees & Mart.) Mez y *Aniba puchury minor* (Mart.) Mez. En la industria maderera son conocidas como “moenas amarillas” o “roble corriente”, un solo nombre que agrupa a muchas especies con alto valor comercial e información climática (14).

Ante la eminente variabilidad climática en las precipitaciones y temperatura se desconoce cómo responden los árboles ante eventos extremos y la resiliencia de estos, para lo cual es fundamental conocer la respuesta de los árboles ante

la variabilidad climática mediante el estudio de las características cuantitativas de vasos (diámetro tangencial, longitud y frecuencia) (10).

1.1.2. Formulación del problema

a) Problema general

- ¿Cómo influyen las variables climáticas de precipitación y temperatura en las características anatómicas del género *Ocotea Aubl* y *Aniba Aubl* en Satipo, Junín?

b) Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características macroscópicas y microscópicas del género *Ocotea Aubl* y *Aniba Aubl*?
- ¿Qué relación existe entre las variables climáticas de precipitación y temperatura con el ancho de anillos de crecimiento del género *Ocotea Aubl* y *Aniba Aubl*?
- ¿Cómo afecta la precipitación y temperatura en las características cuantitativas de los vasos del género *Ocotea Aubl* y *Aniba Aubl*?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia de las variables climáticas de precipitación y temperatura en las características anatómicas del género *Ocotea Aubl.* y *Aniba Aubl.* en Satipo, Junín.

1.2.2. Objetivos específicos

- Describir las características macroscópicas y microscópicas del género *Ocotea Aubl.* y *Aniba Aubl.*
- Identificar qué relación existe entre la precipitación y temperatura con el ancho de anillos de crecimiento del género *Ocotea Aubl.* y *Aniba Aubl.*

- Explicar cómo afecta la precipitación y temperatura en las características cuantitativas de los vasos del género *Ocotea Aubl.* y *Aniba Aubl.*

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación

a) Académico/científico

Esta tesis permitirá ampliar el número de investigaciones dendrocronológicas para la familia Lauraceae, en especial del género *Ocotea* y *Aniba*. La ecoanatomía permite obtener información de las variaciones de las características anatómicas cuantitativas de la madera ante la variabilidad climática.

b) Ambiental

El clima establece condiciones ambientales que permiten el desarrollo de los bosques, ecosistemas y de la diversidad biológica. Asimismo, los bosques brindan soporte ecológico siendo fundamental su conservación para preservar la vida. Una ligera variabilidad en el clima ya sea por factores directos e indirectos del cambio climático podría generar un incremento o disminución en la precipitación y temperatura local o regional, lo cual podría desestabilizar la función de los ecosistemas. Por esta razón es fundamental conocer si la variabilidad climática influye en las características anatómicas de los árboles en los bosques de Satipo.

Los estudios en ecoanatomía de la madera reportan especies arbóreas que responden a la variabilidad climática y presentan cambios en la estructura anatómica por ejemplo modifican las dimensiones y cantidad de vasos, grosor y longitud de fibras, diámetro de punteaduras intervasculares, altura y frecuencia de radios, entre otros, para la mejorar la conducción y transporte del agua en el árbol (15).

1.3.2. Importancia

La conservación de los bosques es de vital importancia por la diversidad de familias, géneros y especies que alberga, entre ellas el género *Ocotea* y *Aniba* por su amplia diversidad en los bosques de Satipo (14). Entre los beneficios que

ofrecen se incluye regulación hídrica, clima, control de erosión del suelo, belleza paisajística, secuestro y almacenamiento de carbono, entre otros (16) para el beneficio social, ambiental y económico (17).

En la provincia de Satipo, existe mucha diversidad de árboles por estudiar entorno a la familia Lauraceae. Este estudio contribuirá al conocimiento sobre la relación de la precipitación y temperatura con las características cuantitativas de los vasos en el género *Ocotea* y *Aniba*. Además, se presenta una cronología de ancho de anillos para estudios de potencialidad y reconstrucción climática, además, se proporciona la descripción de características macroscópicas y microscópicas de las especies *Ocotea whitei* Woodson, *Ocotea sp. Aubl.* y *Ocotea aciphylla* (Nees & Mart.) Mez y *Aniba puchury minor* (Mart.) Mez.

1.4. Hipótesis de investigación

1.4.1. Hipótesis general

Ho: Las variables climáticas de precipitación y temperatura no influyen en las características anatómicas del género *Ocotea Aubl.* y *Aniba Aubl.* en Satipo, Junín

Ha: Las variables climáticas de precipitación y temperatura influyen en las características anatómicas del género *Ocotea Aubl.* y *Aniba Aubl.* en Satipo, Junín (18).

1.4.2. Hipótesis específica

- Las características macroscópicas y microscópicas son similares en el género *Ocotea Aubl.* y *Aniba Aubl.* (19) (20).
- La precipitación y temperatura correlacionan significativamente con el ancho de anillos de crecimiento del género *Ocotea Aubl.* y *Aniba Aubl.* (21) (22).
- La precipitación y temperatura influyen en las características cuantitativas de los vasos del género *Ocotea Aubl.* y *Aniba Aubl.* (23) (24).

1.5. Variables

1.5.1. Variables dependientes

Características anatómicas de la madera:

- ✓ Características macroscópicas
- ✓ Características microscópicas
- ✓ Anillo de crecimiento
- ✓ Vasos

1.5.2. Variables independientes

Variables climáticas

- ✓ Temperatura (°T)
- ✓ Precipitación total mensual (mm)

1.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Tipo de variable		Dimensiones	Definición Conceptual	Definición operacional	Indicador	Unidad de medida	Tipo de variable	Escala de medición
Variable independiente	Variables climáticas	Precipitación	Es el agua con forma de partícula que se encuentra en estado líquidos o solido que caen desde la atmosfera al suelo.	Para conocer la influencia de las variables se requiere construir escenarios climáticos para entender el comportamiento de los elementos	Precipitación promedio actual (mm).	Milímetros por m ²	Cuantitativa	Razón
		Temperatura	Es una magnitud física obtenida a escala termométrica que expresa el grado y sensibilidad de calor y frio de la atmosfera		Temperatura máxima y mínima.	Grados Centígrados (°C)	Cuantitativa	Razón
Variable dependiente	Características anatómicas de la madera	Característica macroscópica	Son características generales observable de la madera que permite identificar la especie, género y familia a través de su estructura celular.	Para conocer la delimitación de los anillos de crecimiento y la identificación de las especies de los árboles, es necesario describir las características macroscópicas.	Poros, radios disposición radial, anillos de crecimiento	Ninguna	Cualitativo	Nominal
		Característica microscópica	Son características específicas de la madera que por su tamaño requiere de un microscopio para	Para identificar las características microscópicas de los vasos, se requiere realizar una descripción	Vasos, fibras, radios, parénquima axial, células de aceite.	Ninguna	Cualitativo	Nominal

identificar la disposición de la estructura celular de la estructura celular. de la estructura celular de la especie y el género.

Anillos de crecimiento	Son células con paredes delgadas que se forman durante el periodo de crecimiento del árbol.	Para explicar la relación significativa entre la precipitación y temperatura y el ancho que anillos de crecimiento que permite identificar años con variables climáticas extremos.	Ancho de anillo de crecimiento	Milímetros (mm)	Cuantitativo	Razón
Vasos	Es el elemento responsable de la conducción hídrica, agua, sales y minerales en forma longitudinales de la madera.	Para estimar las diferencias y/o comportamientos del vaso es necesario realizar las mediciones.	Frecuencia, diámetro, longitud de vasos	Micrómetros (μm)	Cuantitativa	Razón

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Artículos científicos

- En el artículo científico: «*Tree growth variation in the tropical forest: understanding efectos of temperature, rainfall and CO2*», analizaron la variación climática de la precipitación, la temperatura mínima y máxima diaria, para explicar la contribución del factor climático en la determinación de la variación temporal (variación anual e interanual) en el crecimiento del árbol, los resultado indican que la precipitación presenta una variación anual en el crecimiento de árbol ($r = 0.47$), mientras la variación anual en la temperatura máxima presenta una correlación mayor de ($r = 0.53$). Asimismo, la variación interanual tanto en la precipitación y temperatura máxima es significativa con una correlación de ($r = 0.69$), se ajusta al patrón de crecimiento, por lo tanto, los impactos generados por las variables climáticas influyen en la estructura anatómica del árbol y responden con mayor respiración, menor fotosíntesis, menor respuesta estomática y mayor demanda de agua, mientras que la precipitación se asocia a la conductancia estomática a través de la disponibilidad de agua (25).

- En el artículo científico «*Plasticidad en los rasgos anatómicos del xilema de dos especies tropicales en respuesta a la variabilidad climática intraestacional*», se reportó la relación entre los rasgos anatómicos de *Tectona grandis* y *Pinus caribaea* y el clima, para determinar si los árboles

están influenciados por factores ambientales. Se desarrolló la cronología del área transversal del vaso para demostrar que los rasgos anatómicos pueden ser utilizados como indicadores climáticos en las regiones tropicales. Los resultados mostraron que todas las variables de *Tectona grandis* estuvieron influenciadas por la temperatura del mes de diciembre, mientras que *Pinus caribaea* tuvo una correlación significativa con la precipitación en marzo, abril y mayo; por otro lado, los anillos de crecimiento de ambas especies están relacionados estrechamente con el elemento vaso. Este estudio resalta que las variables anatómicas del vaso estuvieron influenciadas por los factores ambientales del lugar y que ambas especies tropicales son sensibles a los parámetros climáticos estacionales (21).

- En el artículo «*Las series temporales anatómicas de la madera a largo plazo de dos especies de árboles tropicales ecológicamente contrastadas revelan un ajuste hidráulico diferencial al estrés climático*», se evaluó la respuesta hidráulica a la variabilidad climática a corto y largo plazo, se desarrolló una cronología de vasos y de ancho de anillos, los resultados mostraron que la temperatura del año previo influye negativamente en el ancho de los anillos de la especie *Toona ciliata* M. Roe, mientras que la densidad de vasos correlaciona positivamente con la temperatura en el periodo seco. Para *Largestroemia speciosa* (L) Pers, la temperatura y la precipitación del año anterior presentó una fuerte correlación con las características del vaso y el crecimiento radial en el crecimiento actual del siguiente periodo de crecimiento, la precipitación temperatura correlacionó positivamente con el área media de los vasos en ambas especies. Este estudio sustenta que los árboles ajustan su estructura anatómica en tamaño y frecuencia para responder a las condiciones ambientales estresantes en los bosques húmedos tropicales (22).
- En la tesis «*Ecoanatomía de la madera en un bosque húmedo tropical de las reservas forestales Ticoporo, Barinas, Venezuela*», se reportó las características ecoanatómicas del elemento vaso: diámetro tangencial, frecuencia y longitud de 87 especies para conocer el comportamiento en el sistema de conducción de agua. Los resultados mostraron que un 90.8 % de

la frecuencia de vasos se concentra en la categoría I y II de menor frecuencia, mientras que un 91.95 % del diámetro de vaso está dentro de la categoría III con vasos medianos, y un 95 % de longitud de vasos se encuentra en la categoría I y II de vaso corto de acuerdo con IAWA 1989. En este estudio se demuestra la variabilidad de especies dentro un mismo bosque que mantienen homogeneidad en relación con su comportamiento reflejado en las características ecoanatómicas (23).

- En el artículo «*La variabilidad anatómica de la madera en cuatro especies forestales de diferentes procedencias al sur de Ecuador*», se identificó las diferencias anatómicas entre individuos de la misma especie para determinar la influencia de las condiciones ambientales en las características microscópicas de las especies *Alnus acuminata* Kunth., *Cedrela odorata* L., *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose., y *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry. Los resultados determinaron que las cuatro especies presentan características anatómicas similares e independientes del lugar, sin embargo, en las características anatómicas, *Alnus acuminata* mostró diferencias significativas en las placas de perforación y punteaduras, en *cedrela odorata* L. hubo diferencias en la disposición y el número de vasos, asimismo *Handroanthus chrysanthus* y *Jacaranda sparrei* A.H presentaron diferencias solo en el número de vasos. Este estudio demuestra que la procedencia y las condiciones de sitio influyen en los elementos de conducción siendo los más frecuentes el número de vasos y el tamaño o forma de las punteaduras (24).
- En el artículo científico «*Rasgos funcionales de la madera de tres bosques en Colombia: Bosque seco, andino y altoandino*», se clasificaron los rasgos funcionales según la función de almacenamiento, soporte y conducción de la xilema, la relación sugiere que a mayor diámetro de poros, menor densidad y mayor diámetro en las punteaduras que garantizan el intercambio vascular. Los resultados indicaron que las relaciones de conducción demostraron que un mayor diámetro de poros, menor densidad y mayor diámetro de las punteaduras aseguran el intercambio intervascular de las sustancias, con respecto, a los bosques altoandinos presentan radios largos y anchos que permite almacenar y conducir sustancias asociadas a la capacidad de

producción de la biomasa, en el bosque andino el diámetro de poros y las punteaduras fue superior a los otros bosques.

Asimismo, para el bosque seco la longitud y grosor de fibras son más pequeños. Este estudio demuestra que cada tipo de bosque establece los rasgos funcionales de acuerdo con las condiciones ambientales que permitan su desarrollo, es por ello que los bosques andinos establecen eficiencia en el transporte de sustancia, mientras que el bosque seco disminuye la capacidad de soporte y el bosque alto andino incrementa los radios para asegurar la producción de la biomasa (26).

2.2.2. Tesis

- En la tesis titulada: «*Anatomía de los vasos de *Alnus acuminata* (Kunt) Betulaceae a diferentes altitudes, Huancayo- Junín*», se analizaron las características cuantitativas del elemento vaso: diámetro, longitud y frecuencia a diferentes altitudes en dos bosques montano húmedo tropical. Los resultados mostraron que la frecuencia de vasos presentó variaciones a nivel interespecífico, cerca de la médula disminuye la frecuencia de vasos, mientras que la longitud de vasos presenta diferencias a distintas altitudes a nivel interespecífico siendo mayor en Quilcas debido a una menor altitud, las características anatómicas del vaso a diferentes altitudes presentan características como porosidad semicircular, difusa, poros solitarios múltiples radiales para los bosques de Acopalca y Quilcas. En este estudio se demuestra que la longitud de vasos es influenciada por diferencias de altitud, condiciones climáticas y otros factores biológicos en dos diferentes zonas de vida (27).
- En el trabajo de investigación denominado «*Variabilidad intraespecífica de los rasgos anatómicos de tres especies en bosques secos tropicales con gradiente de temperatura y precipitación en Colombia*», se analizó la variación interespecífica en los rasgos anatómicos asociados al soporte y transporte hídrico de la madera de las especies *Astronium graveolens* Jacq, *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb y *Platymiscium pinnatum* (Jacq.)

Dugand en una gradiente de temperatura y precipitación para conocer el comportamiento de este ante posibles escenarios de cambio climático.

Los resultados determinaron que *Enterolobium cyclocarpum* no es sensible a las gradientes de temperatura y precipitación, mientras que *Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand presenta poca sensibilidad a la gradiente temperatura y responde con ligeras variaciones en el diámetro de vasos. Sin embargo, *Astronium graveolens* es la única que obtuvo variaciones significativas en el diámetro de punteaduras, diámetro de vasos, longitud de vaso, densidad y longitud de radio asociados al transporte hídrico, mientras que el espesor en la pared de fibra asociado al soporte mecánico no fue afectado por ninguna modificación. Este estudio demuestra que las especies *Enterolobium cyclocarpum* y *Platymiscium pinnatum* a diferentes gradientes de temperatura y precipitación no modifican su estructura anatómica ante las variaciones ambientales. Por esta razón, estos árboles podrían ser vulnerables ante eventos de cambio climático (28).

- En la tesis «*Ecoanatomía de la xilema de 25 especies maderables del bosque húmedo tropical (BH-T) de Colombia*», se analizaron las tendencias de variación de los elementos anatómicos y factores climáticos en un bosque húmedo tropical, se evaluaron los rasgos cuantitativos diámetro tangencial, longitud y frecuencia del vaso, diámetro de la punteadura intervascular, grosor de fibra y longitud de fibra. Los resultados demuestran una correlación de 0.82 entre las variables cuantitativas de las especies, la correlación significativa de 0.82 entre la longitud de fibra y vaso, cuando los vasos son más largos, la longitud de fibra es mayor, por otro lado, el diámetro y la frecuencia de vasos presentó correlación negativa de -0.66, a medida que los vasos son más grandes la frecuencia es menor.

Además, se demostró que las características cuantitativas: longitud de fibra, diámetro, longitud y frecuencia de vasos se vieron afectados por la precipitación, temperatura y altura. Este estudio demuestra que las variables climáticas si influyen en las características anatómicas de especies en bosques húmedos tropical de Colombia (18).

- En la tesis «*Estudio comparativo del xilema secundario de las especies de Urbanodendron Mez y contribución de la anatomía de la madera a la taxonomía de la familia Lauraceae Juss*». En la investigación se analizó las características anatómicas y cuantitativas de las especies *Urbanodendron bahiense* (Meisn) y *Urbanodendron verrucosum* (Nees) Mez, El resultado presentó que ambas especies presentan estructura del xilema secundario similares entre los géneros, *Aniba*, *Ocotea*, *Licaria* y *Perseeae*, con respecto al análisis cuantitativos no presentó diferencias significativas debido a la similitud en los parámetros ambientales bajo cuales se desarrollaron estos árboles. Este estudio confirma que la estructura de la xilema secundaria es homogénea entre la familia Lauraceae por lo que no presenta diferencias significativas en las características anatómicas del vaso (29).
- En la tesis «*Caracterización anatómica de la madera y dendrocronología de Juglans neotropica Diels de áreas ribereñas de la provincia de Chachapoyas, Amazonas*», se analizó la influencia de la precipitación y temperatura con el ancho de anillo de crecimiento de *Juglans neotropica* Diels mediante la obtención de la cronología y el análisis dendroclimatológico para dos localidades. Los resultados evidenciaron una correlación no significativa y negativa para precipitación ($r = -0.03$) (0.27) y temperatura ($r = -0.08$) (-0.24) en ambas localidades, por lo tanto, se indica que no existe una correlación significativa entre las variables climáticas y la formación del anillo de crecimiento. Este estudio demuestra que la formación del anillo de crecimiento puede estar influenciado por factores externos, tipo de suelo, disponibilidad de agua, por lo que se recomienda realizar una caracterización anatómica de los elementos conductores de agua para determinar la influencia de clima en las características anatómicas de la madera (30).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Variables climáticas

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la variabilidad climática es asociada a las variaciones del estado medio y otras características: desviación atípica y sucesos extremos en el clima en las

escalas temporales y espaciales ocurridos por los fenómenos meteorológicos (31) (32).

2.2.1.1. Temperatura

Es una magnitud física caracterizada por el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico (33). La temperatura del aire es el estado térmico del tiempo que comunica calor en su entorno, para su medición se requiere un termómetro expuesto al aire libre y se expresa en grados Celsius (°C) (34). La temperatura máxima es la mayor temperatura alcanzada en un ambiente en condiciones normales, sin la presencia de otros elementos del clima, para el hemisferio sur.

La temperatura máxima diaria se registra en las primeras horas de la tarde, la temperatura máxima mensual en los meses de enero o febrero, la máxima anual de la base de datos mensuales (35). Estas temperaturas máximas dependen de la insolación, el viento, la mayor o menor humedad y de otros (36).

La temperatura mínima es la menor temperatura alcanzada en un ambiente en condiciones normales. Para el hemisferio sur, la temperatura mínima diaria se obtiene durante el amanecer, las mínimas mensuales en los meses de julio o agosto y la máxima anual de la base de datos mensuales. La temperatura mínima también depende de otros factores (36).

2.2.1.2. Precipitación

Son partículas de agua, en forma líquida o sólida que se originan en las nubes y caen de la atmosfera hacia la superficie terrestre (37) (38), que pueden ser llovizna, lluvia, granizada y nieve (39), las formas de precipitación son:

- Llovizna: son pequeñas gotas dispersas que flotan en el aire, el diámetro puede variar entre 0.1 a 0.5 mm.
- Lluvia: son gotas de agua > a 0.5 mm.
- Escarcha: son capas de hielo formados a partir de la condensación del vapor de agua en el aire, la densidad es de 0.8 a 0.9 g/m³.

- Nieve: se compone de cristales de hielo translucidos de forma hexagonal y complejas que ocurren cuando la temperatura del aire es $> -10\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Granizo: son precipitaciones en forma de bolas de hielo irregulares, con un diámetro de 5 a 125 mm y se forma por las nubes convectivas.

La precipitación se clasifica en:

- Precipitación de convección: se origina por la inestabilidad de la masa de aire caliente a las circundantes que se manifiesta por el ascenso de las grandes masas de vapor producida por el incremento de calor en la superficie del agua, en el curso del ascenso se van enfriándose según la gradiente adiabática seca o húmeda (38).
- Precipitación orográfica: se origina cuando el vapor de agua de la superficie terrestre es arrastrado por el viento hacia las montañas, las nubes ascienden montañas y laderas a grandes alturas para encontrar condiciones para la condensación y finalmente precipitar. Se denomina orográfica debido a que el origen está en el ascenso de la masa de aire y suele presentarse en forma de lluvia y nieve (40).
- Precipitación ciclónica: se producen cuando dos masas de aire con temperatura y humedad diferente se encuentran, las nubes más calientes son impulsadas violentamente a las partes más altas para producirse la condensación y luego precipitar (38) (40).

La precipitación se expresa en milímetros (mm) y se mide en la altura de lámina de agua (hp) que se acumula en una superficie horizontal. SENAMHI es el encargado de registrar las precipitaciones y de mantener la red de estaciones meteorológicas en el Perú.

2.2.1.3. Índices climáticos

Según la Organización Meteorológica Mundial (WMO), corresponden a los valores promedio y extremos de las variables temperatura y precipitación, para el cálculo de los índices se utiliza una base de datos de 30 años, asimismo los

resultados deben ser comparados y referidos con el mismo periodo de base. Estos se hallan a partir del promedio y la desviación estándar de las variables de interés (41).

Para evaluar la temperatura y precipitación se registra el estado de tiempo y la duración de los eventos, y la frecuencia (fecha y periodo).

2.2.2. Anatomía de la madera

Es una rama de la biología que estudia la xilema del griego "*lignificarse*", o leño del latín "*lignum*", o madera del latín "*materia*", es la parte sólida del árbol ubicada dentro de la corteza. Se compone de un material heterogéneo de forma anisotrópica con características en su estructura, que son fuentes de variación en la madera como tipo de célula, diferencias en el tamaño del tipo de células, espesor de pared celular, dirección del eje, composición de la pared celular, distribución y presencia de materiales extraños.

Por ser un organismo constituido por células y organizadas en diferentes direcciones presenta tres planos convencionales de corte (42).

- a) Plano transversal: la orientación es perpendicular al eje del tallo y se encuentra el parénquima axial, los anillos de crecimiento, disposición y frecuencia de vasos.

- b) Plano longitudinal radial: la orientación es paralela a los radios hasta el límite de los anillos de crecimiento y el plano radial proyecta la disposición y anchura de radios.

- c) Plano longitudinal tangencial: la orientación es perpendicular a la dirección del radio y tangencialmente al límite del anillo de crecimiento. El plano tangencial proyecta la estratificación de los elementos celulares.

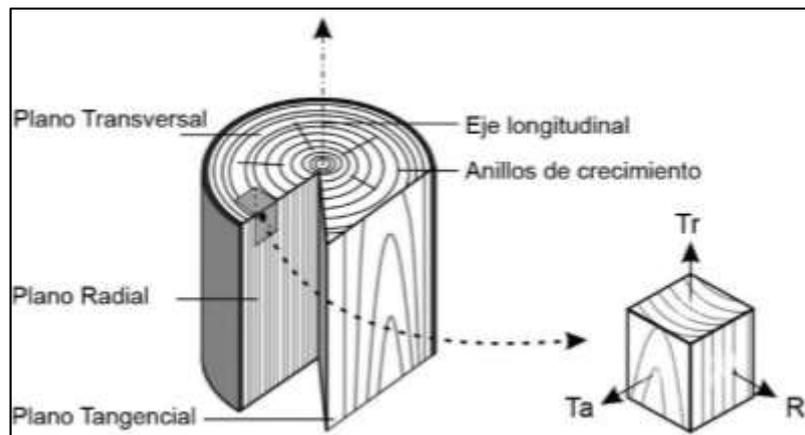


Figura 1. Planos de corte de la madera (43)

2.2.2.1. Características macroscópicas

Son características anatómicas que constituyen la madera (vasos, fibras y células de parénquima axial y radial), reconocidas desde las secciones o planos: transversal, tangencial y radial. Pueden ser observados con la ayuda de una lupa de 10X (44).

Para esta descripción se requiere un cubo de madera orientado en los planos de corte: transversal, radial y tangencial (45).

- a) Vasos: pequeños agujeros que se encuentra en la sección transversal del vaso o de una traqueida vascular.
 - Vasos solitarios: vasos rodeados por elementos de otro tipo.
 - Vasos múltiples: vasos agrupados de dos o más dispuestos, compactos y achatados a lo largo de las líneas.

- b) Radios: se constituye por tejidos parenquimatosos orientados en forma perpendicular a la sección transversal. El número de radios puede contarse en un milímetro lineal.
 - Radios numerosos: > a 12 radios por mm lineal.
 - Radios moderadamente numerosos: 4-12 radios por mm lineal.
 - Radios escasos: < a 4 radios mm lineal.

- c) Inclusiones en poros o vasos: se presenta en algunas maderas en los poros o vasos que obstruye parcial o totalmente, estas inclusiones son:

- Gomas o resinas: es el material orgánico se compone por varios compuestos químicos de color rojo y en algunos casos, amarillo marrón o castaño.
- Floema incluido: partes de corteza o floema introducido en la madera a lo largo del crecimiento del árbol.
- Tilosis o tílido: Células de parénquima axial o radial, dentro de la cavidad vascular que obstruye parcial o totalmente el lumen.

2.2.2.2. Características microscópicas

Son características anatómicas que constituyen la madera (vasos, fibras y parénquimas) reconocidas desde las secciones: transversal, tangencial y radial. Pueden ser observadas desde un microscopio con un aumento de 40X (42).

a) Parénquima: su principal función es de almacenamiento, distribución y segregación de los carbohidratos y de algunas sustancias orgánicas. Se encuentra orientado en el plano transversal de la madera, las células son cortas con paredes delgadas y un tejido más claro que el tejido fibroso. Según la forma de agrupamiento se dividen:

- Parénquima apotraqueal: se encuentran de forma aisladas e independientes al poro y tienen forma: difusa, reticular y en bandas.
- Parénquima paratraqueal: las células de parénquima rodean de forma parcial y total al poro, se presenta de forma vasicéntrico y aliforme.
- Vasos / elementos vasculares: conjunto axial de células superpuestas que forman una estructura tubiforme, continua, de largo indeterminado, conduce líquidos a través de la madera. Su principal función es de conducir agua a través de la madera.

b) Placas de perforación: su función principal es la circulación del agua a través de las extremidades perforadas de los elementos vasculares.

- Simple: presenta sola una perforación

- Escaliforme: múltiples perforaciones en series paralelas.
- Reticulada: perforaciones dispuestas en forma de red.
- Foraminada: perforaciones casi circulares.

c) Fibra: células alargadas y estrechas con extremos afilados, se diferencian por ser cortas, puntiagudas, con poco y pequeñas puntuaciones, y cumple la función de sostén. Se clasifican en dos tipos:

- Fibrotraqueidas: presentan puntuaciones aureoladas
- Fibras libriformes: presenta puntuaciones simples

2.2.2.3. Ecoanatomía

La ecoanatomía es el estudio de los elementos leñosos de la madera en relación con las condiciones ambientales de un determinado lugar (46), es decir si hay variaciones en las condiciones ambientales estas se verán influenciadas en la madera (47) (48). La capacidad evolutiva de las plantas leñosas para adaptarse a los ambientes extremos le ha permitido modificar su estructura anatómica (49), la función clave de este desarrollo está en la conductividad hidráulica y el control de propiedades físicas, por lo que el elemento vaso puede modificarse por factores como el grado de humedad del suelo y el clima.

La tendencia ecológica en el diámetro de vasos, tipo de placa de perforación, frecuencia de vasos, longitud de vasos y fibras se desarrollan para la seguridad y transporte de agua, por lo tanto, la eficiencia y la seguridad hídrica están relacionados con el diámetro y frecuencia de vasos. Es decir, un aumento en el diámetro de vasos incrementa la eficiencia en la conducción, y disminuye la seguridad (50).

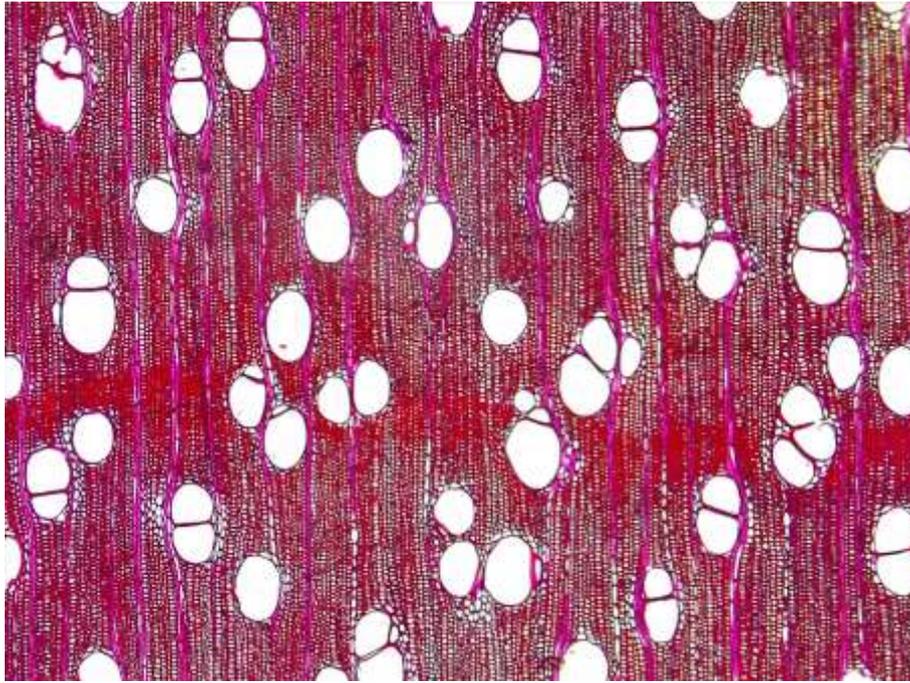


Figura 2. Características cuantitativas del diámetro tangencial y frecuencia de vasos

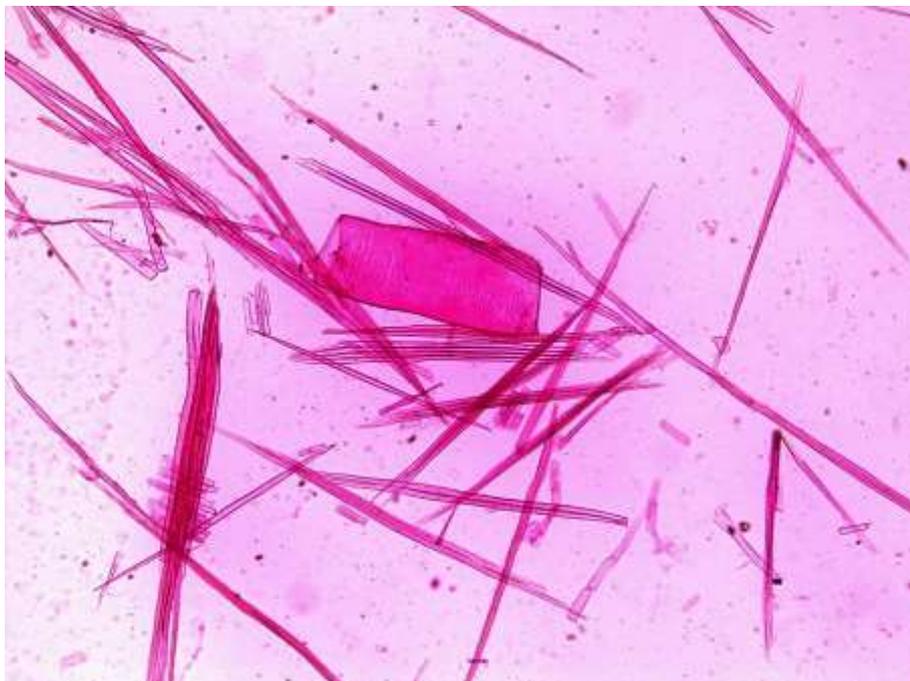


Figura 3. Características cuantitativas de la longitud de vasos

2.2.3. Dendrocronología

La dendrocronología es una disciplina científica que proviene del griego “*dendron*” árbol, “*cronos*” tiempo y “*logos*” conocimiento. Esta disciplina estudia los anillos de crecimiento de los árboles a través del tiempo para reconstruir climas del pasado (51).

La dendrocronología presenta técnicas y métodos para determinar la edad del árbol a través de la datación de los anillos de crecimiento anual (9). La formación del anillo de crecimiento es condicionada por factores climáticos, biológicos, endógenos y exógenos (52), siendo necesario para su interpretación extraer y separar los diferentes factores que han influenciado durante su crecimiento para establecer cronologías y series maestras.

Es una herramienta útil para el registro de cambios en temperatura y precipitación, incendios forestales, ataques de insectos, avalanchas de nieve, deslizamiento de suelos, sequías y erupciones volcánicas (53).

2.2.3.1. Principios y conceptos de la dendrocronología

2.2.3.1.1. Principio de uniformitarismo

Es un supuesto básico de la geología y de otras ciencias naturales, se dice que “el presente es la clave del pasado” a través del desarrollo de modelos que proporcionan una comprensión de la respuesta del árbol a la variable de interés. Los procesos que afectan la respuesta del árbol a estos factores ambientales no han cambiado desde el periodo de calibración hasta el periodo de reconstrucción. Asimismo, el uniformitarismo es un punto de partida productivo para el análisis de climas pasados y la variabilidad ambiental (54).

2.2.3.1.2. Principio de datación cruzada (*crossdating*)

Es un principio básico en la dendrocronología que determina el año exacto de crecimiento anual de cada anillo, sin el *crossdating* es probable tener errores debido a anillos ausentes o falsos. Es necesario que las muestras sean cruzadas visualmente antes de comprobarse estadísticamente con el programa COFECHA, impide que las tendencias a largo plazo o las supresiones a corto plazo dominen la señal en la cronología (55).

La técnica del *skeleton plot* permite conocer donde faltan anillos o donde se pueden haber formado dos o más anillos en un año, asimismo permite identificar a los anillos estrechos mediante una marcación más larga en el gráfico del *skeleton plot* (9).

2.2.3.1.3. Principio de factores limitantes

Según la Ley del Mínimo de Liebig, es una simplificación de la respuesta fisiología del árbol a un factor ambiental y este puede cambiar con el tiempo, por lo que el crecimiento puede verse limitado por falta de acceso a los nutrientes del suelo.

Un factor limitante al crecimiento de cada año es la principal variable que se registra en el ancho de anillos, formando una serie de anillos que varían en anchura de un año a otro. Sin embargo, este factor limitante puede cambiar a lo largo de la vida del árbol por lo que hace que la reconstrucción de los factores ambientales sea perceptible.

Cuando una variable limitante presenta abundancia es probable que otro factor limitante controle el crecimiento. En ocasiones los árboles pueden estar limitados por múltiples factores a la vez, por lo que se complica la respuesta fisiológica del árbol (54).

2.2.3.1.4. Principio de agregación de factores ambientales

El modelo de crecimiento del árbol (ecuación 1) es utilizado para conceptualizar la respuesta e intentar comprender las diferentes variables que pueden afectar al crecimiento de árboles. En el análisis de un radio de un árbol, la anchura de los anillos disminuye su tamaño con la edad del árbol, por lo que siempre quedan algunas variaciones que no se puede explicar, asimismo la tendencia del crecimiento con respecto a la edad puede eliminarse de la cronología mediante las técnicas básicas de normalización (54) (56).

El crecimiento del árbol se descompone como la suma de factores que se expresa en la Ecuación 1, fórmula para hallar el principio de crecimiento agregado:

$$Rt = f(G_t C_t D1_t D2_t E_t)$$

Rt = Ancho de anillo en el año t .

G_t = Tendencia de crecimiento relacionada con la edad.

C_t = Clima

$D1_t$ = Perturbación endógena

$D2_t$ = Perturbación exógena

E_t = Término de error

2.2.3.1.5. Concepto de autocorrelación

La autocorrelación es la correlación de una variable consigo misma en intervalos de tiempo sucesivos. Los organismos biológicos están sujetos a la autocorrelación debido al flujo unidireccional y por la continuidad, por lo que el clima del año anterior afecta al crecimiento del año actual.

La autocorrelación puede ser impulsada por las actividades biológicas y puede producir células, proteínas y azúcares que son utilizados en los años siguientes creando auto correlaciones en respuesta a ese organismo (54).

2.2.3.1.6. Concepto de amplitud ecológica

La amplitud ecológica es el patrón de vegetación en un paisaje controlado por un rango de variables climáticas al que responde una especie por lo tanto una especie que se encuentra en el centro de su área de distribución deberían estar más estresadas de los que se encuentran cerca de los márgenes, las investigaciones relacionadas con el clima deberían tomar especies que se encuentran cerca del límite para encontrar mayor probabilidad de registrar variables climáticas de interés.

Las regiones en el borde o límite son zonas donde se puede producir cambios en el crecimiento de los árboles ante un clima cambiante (54).

2.2.3.1.7. Principio de selección de sitio

Los árboles registran todas las variables que afectan su crecimiento, el concepto de selección consiste en muestrear en lugares donde los árboles estén sometidos a la variable de estudio para maximizar la señal registrada en los árboles que se muestrean. Los árboles crecen en el centro de su amplitud ecológica con un clima favorable durante todo el año, estos son propensos a producir un crecimiento complaciente que se registra en la anchura similar en los anillos de crecimiento. Sin embargo, algunos árboles pueden estar limitados por

su capacidad biológica, genética o estar impulsada por otros factores fisiológicos que limitan las señales (57).

2.2.3.1.8. Principio de replicación

La replicación es el uso de múltiples muestras que permite desarrollar una cronología precisa y robusta en el tiempo, si tomamos múltiples muestras en un lugar y coincide el patrón de anchura de anillos entre los árboles, se puede demostrar una datación cruzada válida para el bosque.

Además, la replicación proporciona la base para la datación cruzada y contribuye al respaldo de reconstrucciones ambientales. Asimismo, el patrón de las muestras se determina utilizando la estadística de la Señal de población expresada (EPS) (54).

2.2.3.1.9. Estandarización

Cuando ajustamos las curvas a las tendencias de las series de anillos, la normalización elimina las tendencias de crecimiento relacionadas con la edad y otras variables a largo plazo que pueden considerarse ruido. La técnica de estandarización conservadora es la curva exponencial negativa, es común en el crecimiento de muchos árboles y se impone geoméricamente al añadir el mismo volumen de madera en la superficie de un cilindro cada vez más grande.

El spline de suavizado cúbico es un modelo empírico que utiliza una curva flexible a la que se le permite ajustarse en un intervalo regular (54).

2.2.3.2. Anillos de crecimiento

Se distinguen como una sucesión de capas de crecimiento que se forman anualmente y se observan en la sección transversal del árbol (58), la formación de estos anillos de crecimiento es una respuesta a los factores ambientales (59), endógenos y exógenos, asimismo la producción de hormonas vegetales que determinan el crecimiento de la planta (60).

2.2.3.3. Densitometría de rayos X

Esta técnica de rayos X fue propuesta por Lenz (61) y desarrollada por Polge en 1963 para estudios de la madera en el Instituto Nacional de Investigación Forestal de Chapenoux, Francia (62). La cual consiste en la obtención de radiografías de la sección transversal de la madera a través de una película radiográfica expuesta a fuente de rayos X, penetra mediante la radiación electromagnética y parte de los fotones de rayos X incide en la masa específica de la madera (62).

Este método muestra las características de crecimiento de los árboles mediante los cambios intra e interanuales en la densidad de la madera (63) (64) además, ayuda a determinar los valores de la densidad media, máxima y mínima de leño temprano y tardío (65) (66) (67).

En las última décadas este método se ha utilizado en muchos estudios relacionados con las maderas; por ejemplo, en la elaboración del perfil detallado de la densidad de la madera, para visualizar mejor los anillos de crecimiento (68). facilitando la delimitación y medición de los anillos de crecimiento de las especies tropicales y subtropicales.

2.2.4. Descripción de las especies

2.2.4.1. *Ocotea sp.* Aubl.

Nombre común: en Perú: Moena amarilla, en Ecuador: Amarillo.

Pertenece a la familia botánica Lauraceae, posee cerca de 50 géneros distribuidos en 2500-3000 especies, caracterizadas por ser un grupo de plantas leñosas que datan del periodo cretácico, cuando surgieron las Angiospermas, o sea plantas con flores, frutos y semillas, poseen amplia diversidad biológica y distribución en hábitats tropicales como Perú, Brasil, Colombia y Ecuador. En países tropicales como África, Asia, Madagascar, Australia y Nueva Zelanda, la representatividad de la familia es reducida (69).

En el Perú, la familia de Lauraceae se distribuyen 16 géneros y 247 especies, siendo *Ocotea sp* y *Nectandra sp* el género con mayor riqueza en regiones con bosques húmedos amazónicos y bosques húmedos montanos a altitudes

intermedias o bajas entre 125 y 3100 msnm (70). El género *Ocotea sp*, fue descrito por Aublet quien caracterizó árboles con flores unisexuales o bisexuales (71). En el neotrópico (Centroamérica y Sudamérica) la distribución del género *Ocotea sp* es de 300 especies que se distribuyen desde el sur México hasta Argentina (72).



Figura 4. Distribución geográfica de la familia de Lauraceae en América latina, África y Asia (73)

- **Usos y aplicaciones:** según sus propiedades de densidad similar, la madera *Ocotea sp* puede utilizarse en construcciones civiles, como escalones, adoquines, listones, revestimiento, encofrados, chapas y para la fabricación de carrocerías y muebles (74).
- **Fenología de la especie:** el periodo de floración ocurre desde marzo hasta abril, mientras el periodo de fructificación desde mayo hasta julio, el periodo de floración es monomodal, con floración una vez durante el año (75), la descripción de la fenología de *Ocotea sp* Aubl corresponde a la región Amazonas.

2.2.4.2. *Ocotea aciphylla* (Ness & Mart.) Mez

- **Sinonimia botánica:** *Oreodaphne aciphylla* Ness, *Ocotea costulata* (Nees) Mez (76), *Nectandra rengellii* Meisn, *Nectandra rhynchophylla* (Meisn.) Mez, *Oreodaphne costulata* Nees, *Ocotea roraimae* Mez, *Ocotea maguireana* C.K., *Ocotea sericilora* C.K (74).

- **Nombre común:** en Perú: moena alcanfor, moena amarilla, canela moena, en Bolivia: laurel amarillo, saumo amarillo, qhipu saumo, laurel comino, en Ecuador: canelo.

Se encuentra dentro de la familia de Lauraceae, la diversidad biológica se concentra a través del neotrópico (Centroamérica y Sudamérica). En el Perú, la distribución de la especie se concentra en los bosques húmedos tropicales. El árbol alcanza una altura de 30 a 32 m y una altura comercial entre 18 a 22 m, la sección transversal de forma redondeada, las características dendrológicas de la hoja es simple, alterna, dispuesta en espiral con peciolo de 0.8 -1.5 cm de largo, el haz poco prominente casi plano y el envés característico por ser poco prominente con nervadura central. El fuste mide entre 30 a 100 cm de diámetro, en forma cilíndrica, recto con pequeñas raíces tablares en el fuste, el fruto es una baya elipsoidal de 3 x 2.5 cm.

Las ramas son terminales delgadas de diámetro (4-7) mm cilíndrico poligonal en algunos terminales redondeados con pubescente reticulada, presenta coloración marrón claro. Las flores se caracterizan por ser hermafroditas, de color blanco de 2.5 – 3 mm, densamente tomentosas, en la corteza externa se desprenden placas irregulares rugosas o lisas, por lo general de color marrón claro a marrón café, con presencia de lenticelas circulares de 4-5 mm de diámetro, mientras que la corteza interna es de color amarillo, en ocasiones amarillo beige con inclusiones aciculares verticales de color anaranjado(74).



Figura 5. Muestra botánica del árbol *Ocotea aciphylla* (Ness & Mart.) Mez (78)

- **Descripción de la madera:** madera de color amarillo pálido no diferenciado de olor y sabor no distintivo, de textura media a fina, brillo alto, veteado jaspeado y grano entrecruzado en ocasiones con grano predominante recto. La descripción macroscópica define poros visibles con un aumento de 10X, por lo general solitarios redondeados y múltiples radiales, presenta porosidad difusa con 5 – 6 poros/mm² con disposición diagonal y en algunos casos no visibles, radios medianos visibles con aumento de 10X en ocasiones con promedios de 4 - 5 radios/mm siendo en ocasiones moderadamente poco, la altura de radios es menos de 1mm, no estratificados y densidad de 0.40 – 0.41 g/cm³, de entre 5 a 7 anillos de crecimiento/cm, en algunos casos visibles.

Las descripciones microscópicas definen a los anillos de crecimiento limitados por una banda de fibras acortadas radialmente, con poros difusos, disposición diagonal. Los poros son solitarios redondeados, presenta múltiples radiales de 2-4, de perforación simple. La punteadura intervacular es alterna, con apertura de la punteadura incluida y punteadura radiovascular horizontal. Las fibras son septadas, presentan tílides en los poros y radios. El parénquima axial se caracteriza por ser paratraqueal vasicéntrico en algunos casos unilateral paratraqueal y parénquima axial fusiforme - septado, los radios son heterogéneos multiseriados tipo I y II con 2 o 3 células de ancho, la composición celular de radios es procumbentes de 1-2 filas de células verticales marginales y/o cuerdas marginales con inclusiones inorgánicas ausentes, en cuanto a las características cuantitativas se encuentra el diámetro tangencial del lumen de vasos con el promedio de 146.67 μm, la longitud de vaso con el promedio de 373.73 μm, la longitud de fibra con el promedio de 1620.34 μm y el ancho de radios con promedio de 33.86 μm (74) (19).

- **Usos de la madera:** la especie presenta una densidad de 0.48 g/cm³ (79), siendo una madera de buena calidad y medianamente durable siendo liviana, blanda, aromática, es usado en carpintería ebanistería y construcción de pisos y chapas decorativas (80). Las propiedades físicas - mecánicas de la madera determinan el uso comercial de la madera.

De acuerdo con SERFOR, *Ocotea Aciphylla* se encuentra en la categoría D, por lo tanto, es una especie con valor potencial en estado natural de la madera (81).

- **Fenología:** sobre el comportamiento fenológico en Perú, el periodo de lluvias acompaña al periodo de floración y fructificación, la especie pertenece al grupo de monomodal (41).

2.2.4.3. *Aniba puchury minor* (Mart.) Mez

- **Sinonimia botánica:** *Aniba amazónica* (Meisn.) Mez, *Aniba tessmannii* O. schmidy, *Aydendron amazonicum* Meisn, *Nectandra puchury-minor* (Mart.) Nees, *Ocotea puchury-minor*-Mart (82) . (83) .
- **Nombres comunes:** En Perú: moena amarilla, en Brasil: puxuri-do-maranhao, en Colombia: laurel, canelo, tuabe, guacharaco, amarillo corazón negro.

Pertenece a la familia botánica de las Lauráceas distribuidos en 92 géneros concentrados en los bosques húmedo tropical de Sudamérica (Perú, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Panamá) (82), pero es posible encontrar *Aniba puchury minor* en Centroamérica. En Perú se encuentra distribuidos en las regiones Amazonas, Ayacucho, Loreto, Madre de Dios, Cajamarca, Pasco, Cuzco, San Martín, Huánuco, Ucayali y Junín (84).

El árbol es de tamaño mediano, entre 15 – 22 m de altura y 62 cm de diámetro, el fuste recto y cilíndrico, con presencia de aletas tablares redondas y bajas, presentan copas redondas, simpódica, por lo general ocupan el estrato medio en el bosque. Las características dendrológicas para la especie: las hojas son simples, alternas con forma oblonga-elíptica, el peciolo es de 1.6 a 2.5 cm de longitud, el haz de color verde oscuro y el envés de color verde claro. Las flores presentan inflorescencia en las panículas con las flores en cima, por lo común hermafroditas. Los frutos tienen cúpula carnosa, bordes simples o difícilmente con dos márgenes. La corteza externa es de color marrón oscuro, con algunas zonas blanquecinas, con presencia de lenticelas de forma redonda y alargadas

mientras que la corteza interna de un color cremoso que se oxida a ferruginosa-rojiza, de textura arenosa-fibrosa, con algunas acículas longitudinales negruzcas, de sabor ligeramente amargo y característicos por tener un olor aromático (85).



Figura 6. Muestra botánica del árbol *Aniba puchury minor* (Mart.) Mez (78)

- **Descripción de la madera**

El género *Aniba sp* presenta anillos de crecimiento poco visibles en ocasiones ausentes, los vasos en banda tangenciales y un 90 % solitarios, con parénquima axial difuso y parénquima axial paratraqueal escaso y parénquima axial con más de tres células de ancho, presentan 2 hebras de parénquima, los radios presentan de 1 a 3 series con células procumbentes desde 2-4 filas de células verticales y/o cuadradas marginales (86).

- **Usos y propiedades:** según las propiedades (físico-mecánicas) de la madera, las especies forestales con densidad de 0.45 g/cm^3 - 0.70 g/cm^3 pasan por un control de calidad. *Aniba puchury minor* presenta una densidad de 0.56 g/cm^3 (79), es apto en carpintería para la elaboración de muebles, estructuras livianas y usos decorativos como chapas y parihuelas (84).

De acuerdo con SERFOR, *Aniba puchury minor*, se encuentra en la categoría D, por lo tanto, es una especie con valor “intermedio” en estado natural de la madera (81).

De acuerdo con los reportes de la región San Martín, las semillas se polinizan mediante insectos y la dispersión por aves, las condiciones de luz para la especie son de media a alta, el suelo presenta textura arcillosa a franco arcilloso, con un crecimiento lento (87).

2.2.4.4. *Ocotea whitei* Woodson

- **Sinonimia botánica:** *Nectandra whitei* (woodson) C.K. Allen, *Ocotea eusericea* Lundell, *Ocotea skutchii* C. Allen.
- **Nombres comunes:** moena amarilla, bambito colorado, sigua amarilla, ira rosa (88).

Se encuentra dentro de la familia Lauraceae y se distribuyen desde Costa Rica, Panamá hasta Perú.

Son árboles de 30 m de altura, con presencia de aletas, las hojas elípticas de 8 a 13 cm de largo y 3 a 4 cm de ancho, el ápice acuminado de 2 cm de largo generalmente curvado, lamina decurrente a lo largo del peciolo, con glabras en el haz y presencia de tricomas largos y aplicados en el envés. Los frutos elipsoidales de 4cm de largo y 2 cm de ancho en la etapa madura, con cúpula cupuliforme a pateliforme, con un diámetro hasta 13 mm de diámetro (89).



Figura 7. Muestra botánica del árbol *Ocotea whitei* Woodson (90)

- **Usos y propiedades:** según las propiedades físico – mecánicas, la madera de *Ocotea Whitei* es empleada en obras hidráulicas, instalaciones portuarias, construcciones de ferrocarril y en la elaboración de tarimas (91).
- **Fenología:** las flores son pequeñas de color blanco o verdosa y se producen en marzo y abril. Los frutos son bayas oblongas y maduran en mayo y junio, según la descripción fenología de Panamá (91).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Cambio climático

Es un cambio en el clima representado en variaciones del valor medio de las propiedades y variables que permanecen por largos periodos de tiempo. Estos cambios pueden darse debido a los procesos internos naturales, actividades antropogénicas y forzantes externos que se mantienen en la atmosfera y en la superficie del suelo (92) (32).

2.3.2. Clima

Es el promedio del estado del tiempo que incluye una descripción estadística en valores medios y variabilidad en las cantidades de un periodo, abarca desde meses a millones de años, un periodo común comprende 30 años (39) (93).

2.3.3. Vaso

Es una serie de células de la xilema inactiva en forma vertical unidas por sus extremos mediante las perforaciones que forman una estructura tubular de longitud variable y puntuaciones aeroladas entre elementos, de acuerdo con la anatomía de la madera (94).

2.3.4. Anillo clave

Anillo con una característica particular, fácilmente distinguible en una secuencia de anillos de crecimiento que se observan visualmente. Se presenta de varias maneras: anillo falso, anillo discontinuo y anillo ausente (94).

2.3.5. Radio

Es el área comprendida en la sección transversal del tronco que une la médula y el último anillo junto a la corteza, en esta área se mide el ancho de anillos, la densidad, entre otros (94).

2.3.6. Fechado

Consiste en establecer coincidencias o características entre series de un mismo árbol y luego entre árboles para identificar el año exacto de formación del anillo de crecimiento (95).

2.3.7. Cofechado

Es el control de calidad sobre las mediciones de ancho de anillos en el conjunto de muestras de árboles, se verifica la sincronización entre series y con la serie maestra (96) (97).

2.3.8. Serie o cronología maestra

Es una cronología promedio que proviene de mediciones del ancho de anillos y permite identificar patrones en series individuales y establecer anillos claves en todas las series de los árboles muestreados (98).

2.3.9. Estandarización

Es un proceso de la dendrocronología que consiste en ajustar una función a cada serie individual, el objetivo es homogenizar la varianza de todas las series para obtener el índice de ancho de anillo (estándar, residual y arstan) (99).

2.3.10. EPS

Es la señal expresada de la población representada en la cantidad de varianza de una cronología, depende de la profundidad de muestreo para reconocerla como cronología robusta. El umbral es 0.85 y expresa una buena calidad de la señal de una población (100).

2.3.11. Rbar

Es el índice estadístico de correlación de todas las muestras con una ventana móvil de tiempo determinado. El Rbar está determinado por la fuerza en la señal

común, es decir cuánto más alto es el valor de R_{bar} más fuerte es la señal común, con menos varianza representa menos ruido (95).

2.3.12. Sensibilidad Media

Es un estadístico de calidad que analiza las variaciones en el ancho de anillos correspondientes al cambio medio por anillo y el siguiente, representa la variación promedio existente, año por año de la cronología. Si el valor de la sensibilidad media es bajo o se acerca a 0 se interpreta como poco sensible a los cambios ambientales. Si los valores se acercan a 0.65 son especies muy sensibles, perfectas para estudios dendrocronológicos (101) (102).

2.3.13. Percentil

Es un término usado para denotar valores extremos en las distribuciones de frecuencia, es por lo que el percentil 10 es el valor por ciento más bajo de los datos, el percentil 50 es igual a la media y el percentil 90 supera a todos los valores (39) .

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos y alcances de la investigación

3.1.1. Método de la Investigación

El método de investigación es inductivo-deductivo (103) (104). Es inductivo porque describe las características macroscópicas y microscópicas del género *Ocotea Aubl* y *Aniba Aubl*, permitiendo la identificación a nivel de especies (*Ocotea whitei* Woodson, *Ocotea sp* y *Ocotea aciphylla* y *Aniba puchury minor* (Mart.). El análisis entre el ancho de anillos de crecimiento obtenido a través de una cronología muestra si existe o no una relación con las variables temperatura y precipitación, este método observa un caso particular y lo generaliza.

Es deductivo, porque verificamos la influencia de las variables climáticas temperatura y precipitación en las características cuantitativas de los vasos del género *Ocotea Aubl* y *Aniba Aubl*, esta observación permite explicar las generalizaciones y dar conclusión a cada caso particular.

3.1.2. Alcances de la investigación

3.1.2.1. Tipo de investigación

La investigación es básica (103) (104), porque se contribuye a los conocimientos ya existentes en dendrocronología y anatomía de la madera del género *Ocotea* y *Aniba* en la provincia de Satipo. Se describió las características macroscópicas y microscópicas de la madera a nivel de especies, se utilizó el método establecido de acuerdo con la convención de Schulman 1956 para

asignar el año calendario a los anillos de crecimiento y determinar la relación entre el anillo de crecimiento y las variables precipitación y temperatura. Asimismo, se utilizó la norma IAWA 1989 para medir las características cuantitativas del vaso y explicar la intervención de las variables climáticas en la estructura interna de la madera.

3.1.2.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo - correlacional, se describe las características generales macroscópicas y microscópicas de la madera y el grado de relación entre los anillos de crecimiento con las variables temperatura y precipitación para finalmente explicar la influencia de las variables climáticas en las características cuantitativas de los vasos en tres especies del género *Ocotea* y una especie del género *Aniba*.

3.1.3. Diseño de la Investigación

La investigación es no experimental, las variables climáticas no fueron manipuladas, la información fue obtenida de la estación meteorológica de Satipo. Asimismo, las características anatómicas de la madera fueron producto de las mediciones del ancho de anillos de crecimiento y mediciones del elemento vaso.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Está conformado por 606 árboles del género *Ocotea* (116 árboles) y *Aniba* (490 árboles) de la parcela de corta anual 2021, ubicados en el bosque de la comunidad nativa Tres Unidos de Matereni (6 562.547 hectáreas), distrito Pangoa, provincia Satipo, región Junín.

3.2.2. Muestra

Se seleccionaron cuatro árboles del género *Ocotea* y un árbol del género *Aniba*, con diámetros de 30 cm a 40 cm, para seleccionarlos se consideró buen estado fitosanitario del árbol (sin pudrición o enfermedades), fuste recto y cilíndrico, alejado de fuentes de agua, entre otros (105).

Nota: (*) La obtención de muestras del género *Ocotea* y *Aniba* estuvo limitada por la disponibilidad de árboles que no han sido aprovechados comercialmente.

3.3. Descripción del área de estudio

3.3.1. Área de estudio

El área de estudio se ubica en la parcela de corta anual 2021 del aserradero «Alexis», ubicado en la comunidad nativa Tres Unidos de Matereni a una altitud de 1430 msnm (576315E, 8698434N).



Figura 8. Bosque de la comunidad nativa Tres Unidos de Matereni

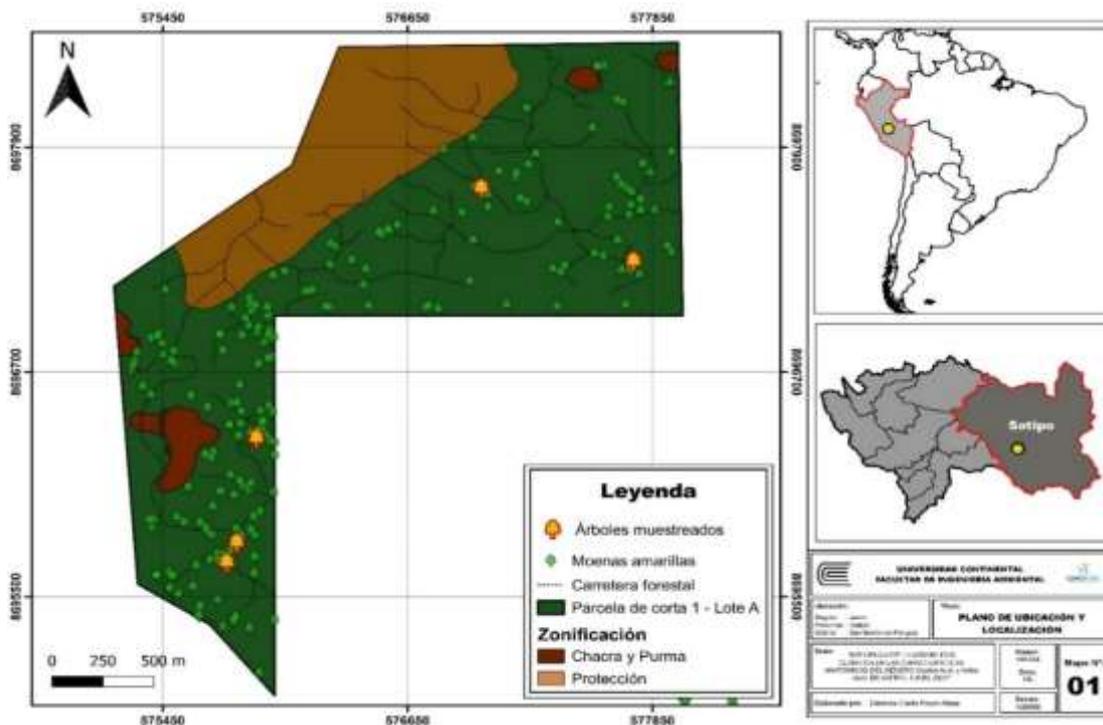


Figura 9. Mapa de ubicación del área de estudio

3.3.2. Zona de vida

Según la clasificación de L.R Holdridge, los bosques de Pangoa, Satipo pertenecen a la zona de vida bosque seco tropical/ bosque húmedo premontano tropical (bs-T/bh-TP), y se distribuye desde la selva alta tropical hasta el límite del bosque seco tropical y el bosque húmedo premontano a una altitud de 350 – 550 msnm (106).

3.3.3. Ecología

Los bosques de selva central se caracterizan por especies forestales de gran valor comercial, entre los árboles predominantes se encuentran las familias botánicas: Caryocaraceae, Clusiaceae, Combretaceae, Fabaceae, Juglandaceae, Lauraceae, Malvaceae, Meliaceae, Moraceae, Myristicaceae, Rizhophoraceae, Vochysiaceae, Theaceae. También se presentan algunas especies como *Ocotea aciphylla* (Nees) Mez “Moena Amarilla”, *Aniba panurensis* (Meissner) Mez “Moena blanca”, *Nectandra membranacea* (Swartz) Grisebach & Rohwer “Moena alcanfor”, y *Ocotea leucoxylon* (Swartz) de Lanessan “Moena rosada” (19).

3.3.4. Clima

La provincia de Satipo presenta un clima lluvioso durante todo el año, los acumulados mensuales más altos se encuentran entre 250 mm y 380 mm en meses de verano y 2296 mm anuales. La temperatura máxima es de 30 °C en el mes de febrero, mientras la temperatura mínima es de 17 °C en el mes de julio (107).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Obtención de muestras

Se recolectaron cinco secciones transversales o rodajas del tronco, con un espesor de 5 cm, las muestras fueron codificadas y registradas en la libreta de campo. Cuatro árboles corresponden al género *Ocotea*: *Ocotea withei* (árbol: C604 y árbol: R288), *Ocotea* sp. (árbol: D226), *Ocotea aciphylla* (árbol: E409) y un árbol al género *Aniba*: *Aniba puchury minor* (árbol: W759).

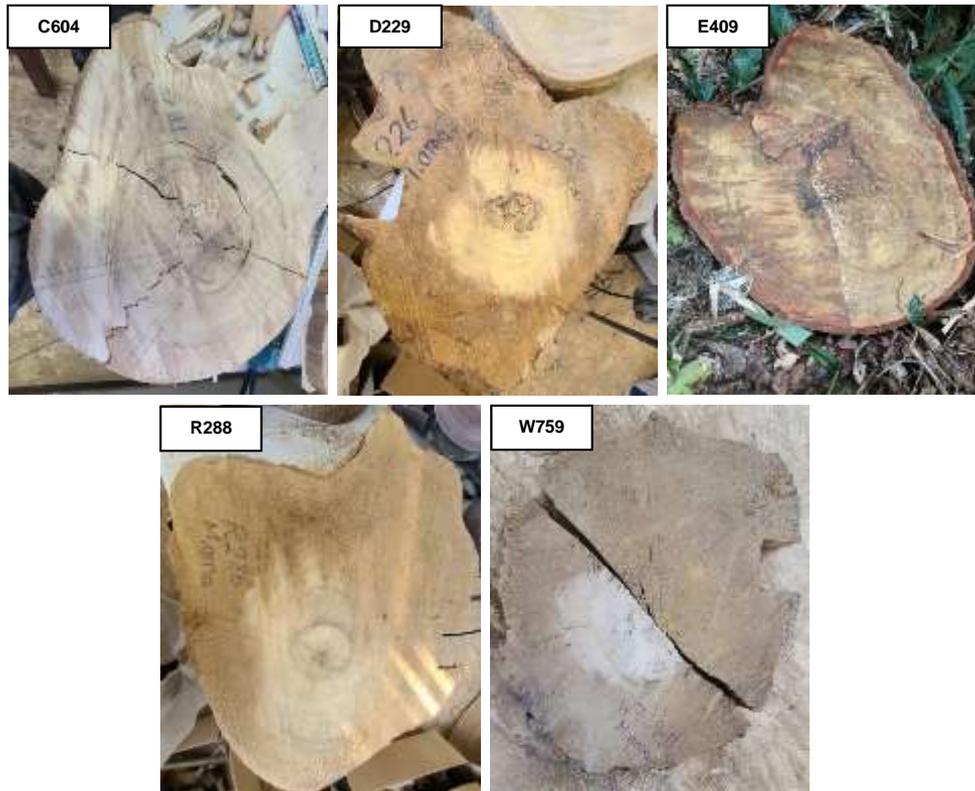


Figura 10. Rodajas de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba*

Se recolectaron tres muestras botánicas (hojas, flores y/o frutos) de los árboles C604, E409 y R288, estas muestras fueron codificadas y empaquetadas con solución de alcohol 1:1 para su conservación, y fueron enviadas al herbario selva central Oxapampa (HOXA) para la identificación e indexación.



Figura 11. Muestras botánicas del género *Ocotea* y *Aniba*

3.4.2. Preparación de muestras

En el laboratorio, las cinco secciones transversales se dejaron secar a temperatura ambiente. En cada sección se cortaron cuatro radios, ver la figura (8), los radios fueron pulidos para facilitar la observación de los anillos de crecimiento, se utilizó una pulidora con lijas de granos desde 40 hasta 1200 (granos/pulgada²) y para limpiar se utilizó aire comprimido.

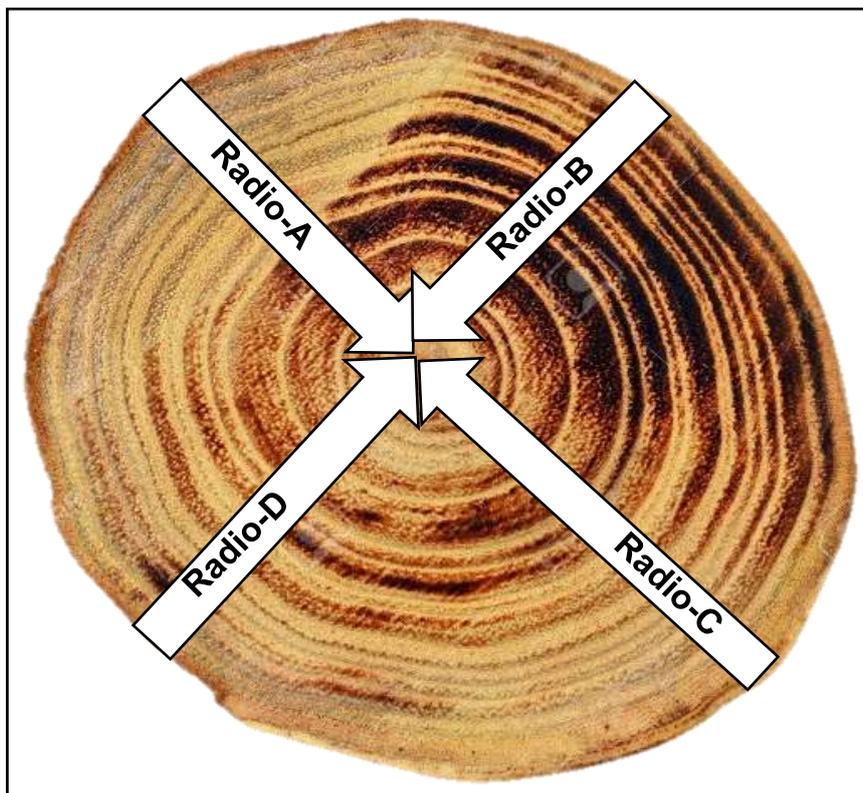


Figura 12. Obtención de radios en la sección transversal de árbol

3.4.3. Caracterización anatómica de la madera

3.4.3.1. Descripción macroscópica

Para la descripción macroscópica se cortó un cubo de 5 cm x 5 cm x 5 cm y se pulió la sección transversal, longitudinal tangencial y radial, para observar las características anatómicas se utilizó una lupa con aumento de 10x, se utilizó la norma de procedimientos en estudios de anatomía de la madera: I. Angiospermae II. Gimnospermae (1992) (108) y la guía de Identificación organoléptica y macroscópica de madera comerciales (45) (ver figura 35).

3.4.3.2. Descripción microscópica

Para la descripción microscópica se prepararon láminas histológicas, se obtuvieron cubos de 1.5 x 1.5 x 1.5 cm orientados en el plano transversal, radial y tangencial, luego fueron ablandados en agua por 30 días y con el apoyo de un micrótopo Leica SM 210R, se obtuvieron cortes de 14 a 20 μm de la sección transversal, tangencial y radial (ver figura 35).

Posteriormente, se realizó el montaje en láminas semipermanentes preparadas en agua destilada y glicerina, luego se tomaron microfotografías en porta y cubre objetos, con base en los procedimientos de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA1989).

3.4.4. Análisis dendrocronológico.

3.4.4.1. Fechado de anillos de crecimiento

Según la convención de Schulman 1956 para América del Sur, la asignación de años calendarios para la fase de crecimiento radial del árbol ocurre en dos periodos: año previo (t-1), inicia en septiembre y finaliza en agosto del año anterior y el año actual o corriente (t), empieza en agosto y finaliza en septiembre del presente año (109).

El fechado comenzó con la asignación del año calendario al último anillo, el cual corresponde al año 2020, junto a la corteza. Se fecharon 10 radios con el uso de un estereoscopio Leica Si9 con un aumento de 2X, se identificaron anillos claves (anillos estrechos y anchos) para reconocer un patrón característico entre radios y entre árboles (110) (figura 14).

Para la medición de ancho de anillos se utilizó el software CooRecorder 7.8 y CDendro 7.8 (111) (112). La medición del ancho de anillo debe estar orientado perpendicular a la trayectoria recta del anillo.

Para complementar la delimitación de los anillos de crecimiento se utilizó la técnica de microdensitometría de rayos X, se identificó la densidad de la madera temprana y tardía, y permitió complementar la delimitación del anillo de crecimiento.

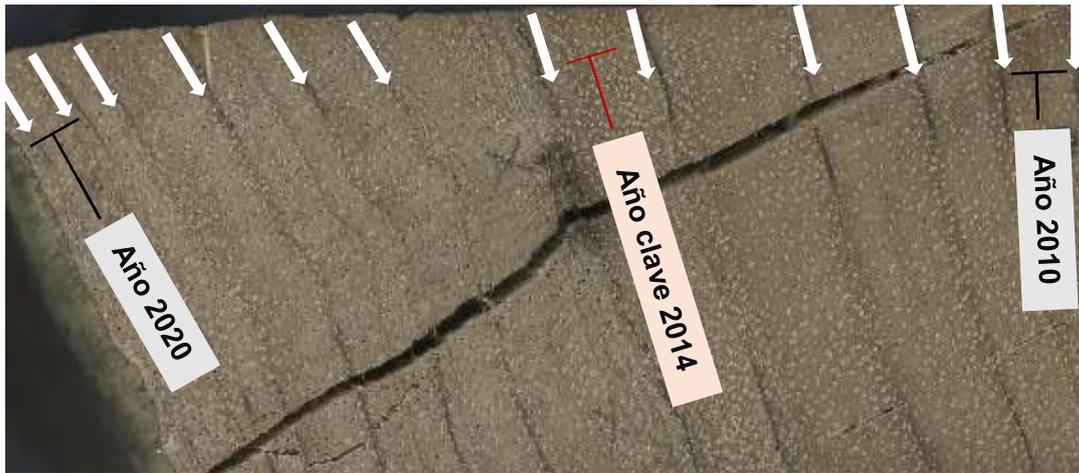


Figura 13. Fechado de los radios o series

3.4.4.2. Obtención de cronología maestra

La revisión de la medición del ancho de anillos de crecimiento y el control de calidad de los datos se realizó con el programa COFECHA versión 6.06P con un nivel de significancia del 99 % (97). La serie o cronología maestra es obtenida a partir de las mediciones de ancho de anillos en radios o series que presentan sincronía entre sí mediante un coeficiente de correlación (mayor a $r = 0.32$), para luego ingresar progresivamente las mediciones de las siguientes series.

3.4.4.3. Estandarización de cronología maestra

Para aislar o maximizar la señal climática de las series de ancho de anillos de crecimiento se debe eliminar el ruido de los factores biológicos como la edad y otros factores no ambientales con la finalidad de maximizar la señal climática mediante el proceso de estandarización (101)(113).

Se utilizó el Programa ARSTAN versión 44H2 (estandarización autoregresiva) (114) para eliminar el problema de la perturbación endógena y representar la variabilidad común entre todas las series de ancho de anillos, la metodología utilizada fue la curva exponencial negativa, elimina los eventos de frecuencia media, y se obtuvieron dos cronologías de anillos: residual y estándar.

Se seleccionó la cronología residual, capta mejor la señal común para el análisis de correlación de las variables climáticas con el crecimiento de los árboles. Para evaluar dicha señal se emplean las medidas estadísticas del

programa ARSTAN: la Señal de Población Expresada (EPS) reconoce a la cronología como robusta si el umbral es mayor a 0.85 (115), para este estudio se utilizaron segmentos de 40 años. La Sensibilidad Media (SM), este valor fluctúa de 0 a 2. Y la correlación media entre series (R bar) con valores de -1 a 1 que indican la señal común de crecimiento entre árboles (116).

3.4.5. Recopilación y análisis de datos meteorológicas

Los datos meteorológicos de precipitación total mensual y temperatura (máxima y mínima) fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) de la estación Satipo, ubicado a $11^{\circ} 13' 28.82''$ S y $74^{\circ} 36' 31.28''$ W, y una altitud de 577 msnm.

Para determinar la relación de las variables climáticas con las características cuantitativas de los vasos del género *Ocotea* y *Aniba*, se calculó la precipitación total mensual y la temperatura, asimismo se obtuvieron datos interpolados de Peruvian Interpolate data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations (PISCO) y datos de Climatological and Hydrological Observations (CRU) para ampliar el periodo de años de la base de datos.

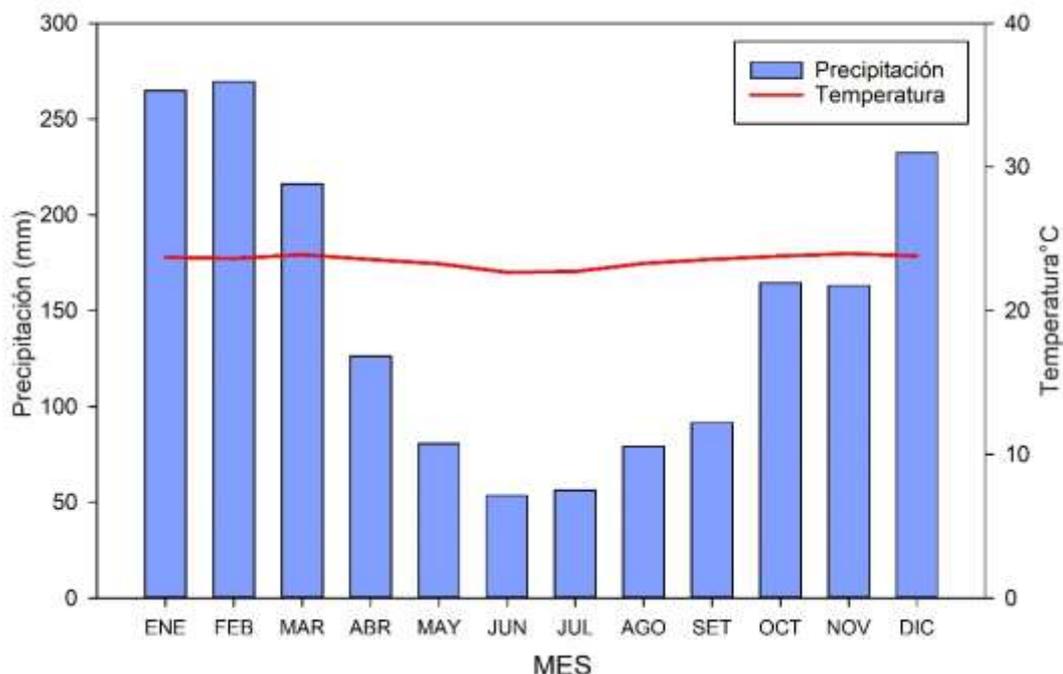


Figura 14. Diagrama climático mensual para el área de estudio

La barra de color azul representa la precipitación total mensual, las lluvias empiezan en agosto y se incrementan significativamente de 200 mm a 280 mm en diciembre, enero y febrero para luego descender, en junio y julio, con bajas precipitaciones de 50 mm a 80 mm. La línea roja representa la temperatura y se mantiene de manera constante entre 22 °C a 23 °C durante el año.

3.4.6. Correlación de variables climáticas con el ancho de anillos

Para evaluar la asociación de la precipitación total mensual y la temperatura con la cronología maestra, y determinar los meses de crecimiento de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba*, se utilizó la función de correlación de Pearson (117).

3.4.7. Obtención de índices de precipitación y temperatura

Se calculó el promedio y la desviación estándar de los datos de precipitación del periodo 1991-2020 (30 años), temperatura máxima para 1996-2020 (24 años) y temperatura mínima para 1995-2020 (25 años), luego se calcularon los índices dividiendo el valor de la precipitación total mensual y el promedio de precipitación total mensual entre la desviación estándar, para lo cual se utilizó la siguiente Ecuación 2.

$$\text{Ind Precipitación} = \frac{Xi - \mu}{\sigma}$$

Donde:

ind. precipitación = índice de precipitación

Xi = valor de precipitación total mensual

μ = promedio de la precipitación total mensual

σ = desviación estándar

Para evaluar la relación del índice de precipitación y temperatura con el índice de ancho de anillos de crecimiento de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba*, se utilizó la función de correlación de Pearson.

Para evaluar los años extremos de precipitación, se utilizó el percentil 25 y 75 en el índice de precipitación y el índice de ancho de anillos de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba*.

3.4.8. Correlación de precipitación y temperatura con características cuantitativas de vasos

Para estudiar la relación de la precipitación y temperatura con las características cuantitativas de los vasos (diámetro tangencial, longitud y frecuencia), se utilizó el método del percentil, una medida de posición usada en estadística, consiste en: ordenar los índices de ancho de anillos y los índices de precipitación de menor a mayor, para identificar valores extremos por encima del percentil 75 (anillos anchos), debajo del percentil 25 (anillos estrechos), y valores regulares (anillos de control).

Para la medición de características cuantitativas de los vasos, se cortaron astillas pequeñas de madera correspondientes al año 2007 (anillo ancho), 2012 (anillo control) y 2014 (anillo estrecho), estos fueron colocados en frascos de vidrio, se agregó la solución de ácido acético con peróxido de hidrogeno 1:1, y luego fueron llevados a la estufa a 60°C por 24 horas, luego se lavaron hasta eliminar el exceso de la solución de Franklin para luego agregar agua destilada y gotas de safranina en el frasco de vidrio, con una pinza se retiró parte de las fibras y vasos disociados a un portaobjetos con agua destilada y glicerina 1:1, según la metodología de Franklin 1945 (118).

Se realizaron 30 mediciones del diámetro tangencial (μm), longitud (μm), y frecuencia (vasos/ mm^2), según lo indicado por IAWA (1989) (119). Para las mediciones se utilizó el microscopio Leica ICC50W y estereoscopio Leica S9i y el programa Imagen Pro-Plus.

3.4.9. Análisis estadístico

Para determinar la relación de la precipitación y la temperatura con las características cuantitativas de vasos (diámetro, longitud y frecuencia), se utilizó la prueba estadística de Anova de un factor, y la prueba Tukey con un nivel de confianza del 95 %.

Se obtuvieron valores máximos y mínimos, promedio, desviación estándar y el coeficiente de variación de las mediciones de diámetro tangencial, longitud y frecuencia de vasos.

Para la representación gráfica de los resultados de diámetro tangencial, longitud y frecuencia de vasos, se elaboró un diagrama de caja y bigotes en Sigma Plot.

3.4.10. Lista de equipos y materiales de campo

- Motosierra STHIL
- Chafle o machete
- Costales
- Lapicero
- Cuaderno de campo
- Alcohol 95°
- Frasco aspersor
- Papel craft
- Cinta masking
- Plumón indeleble
- Bolsa grande de polietileno

3.4.11. Lista de equipos y materiales de laboratorio

- Safranina
- Agua destilada.
- Peróxido de hidrógeno
- Acido acético
- Cubre objeto
- Porta objeto
- Glicerina
- Lijadora o pulidora orbital
- Lijas
- Sierra cinta de corte
- Estereoscopio Leica S9i
- Microscopio Leica ICC50W
- Micrótomo SM210R
- Cofecha
- CooRecorder 7.8
- CDendro 7.8

- Sigma plot
- Microsoft Excel
- Imagen Pro Plus version 4.5.29

3.5. Esquema de Investigación

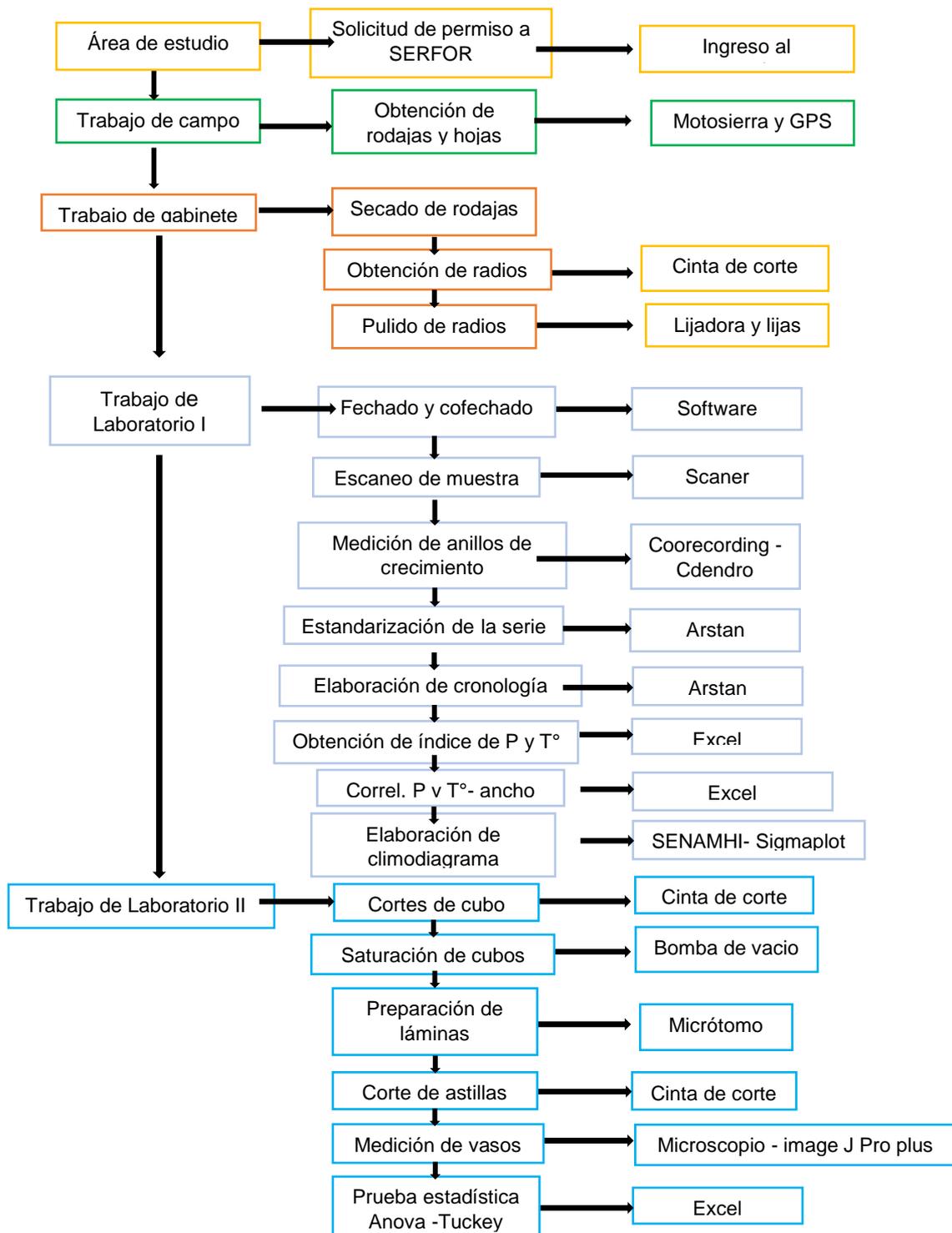


Figura 15. Esquema de investigación

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización anatómica del género *Ocotea* y *Aniba*

4.1.1. Descripción de la madera de árboles del género *Ocotea*

Se identificaron tres especies del género *Ocotea*: *Ocotea whitei* Woodson, *Ocotea* sp. Aubl y *Ocotea aciphylla* (Nees & Mart.) Mez.

- **Características macroscópicas:** la madera de estos árboles presenta radios poco visibles y finos bajo lente de 10x, poros visibles a simple vista, pequeños, difusos, en disposición radial, solitarios y múltiples de 2 a 3. Anillos de crecimiento distintos a simple vista e identificados bajo lente de 10x por zonas fibrosas más oscuras y fibras acortadas radialmente. En el plano tangencial: radios poco visibles bajo lente de 10x, finos, no estratificados, obstruidos con sustancia de color rojo. Y en el plano radial radios contrastados.

Adicionalmente se realizó la técnica de la microdensitometría de rayos X, que complementa la delimitación de los anillos de crecimiento mediante la variación en la densidad en la madera temprana y tardía (ver figura 36).

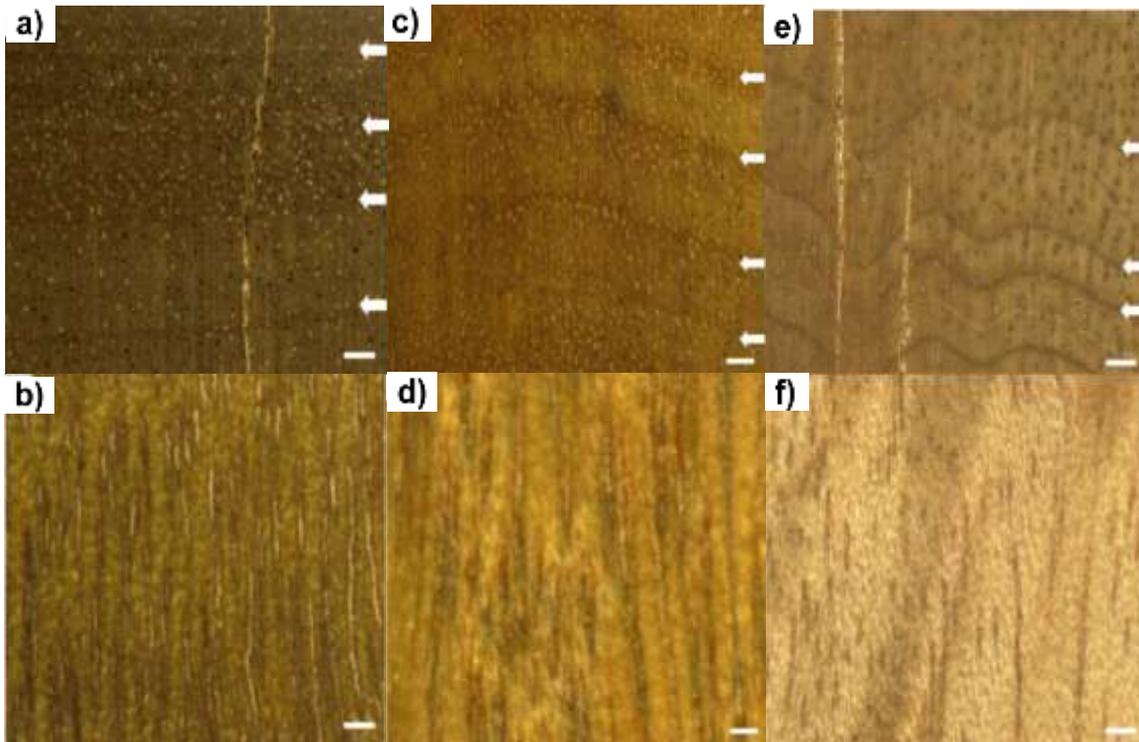


Figura 16. Características macroscópicas de la sección transversal con un aumento de 40x de *Ocotea whitei* Woodson (a), *Ocotea sp. Aubl* (c) y *Ocotea aciphylla* (Nees & Mart.) Mez (e)

- **Características microscópicas:** la madera de estos árboles presenta vasos medianos con presencia de tilosis; fibras libriformes con paredes medianas; parénquima axial paratraqueal vasicéntrico, escaso o unilateral con 2 o 3 células por serie; radios delgados multiseriados de 2 a 4 células de ancho, heterogéneos con células procumbentes y cuadradas marginales, con células de aceite asociados a las células de parénquima axial y radial; presencia de almidón en las células de parénquima axial, en cámaras fibrosas en las células radiales.

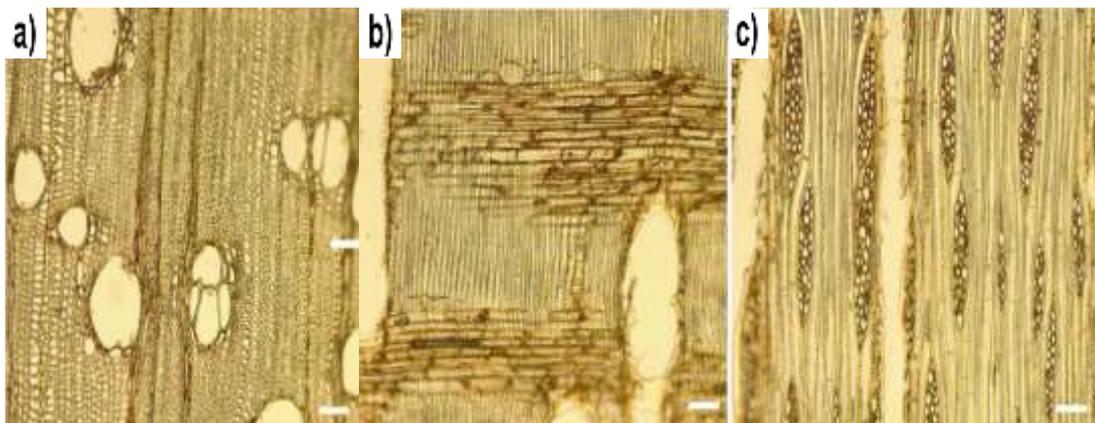


Figura 17. Características microscópicas del plano transversal de *Ocotea whitei* Woodson con un aumento de 40x (a), con aumento de 100x (b), plano radial (c) y plano tangencial con aumento de 100x (d).

4.1.2. Descripción de la madera de árboles del género *Aniba*

Se identificó la especie *Aniba puchury minor* (Mart.) Mez.

- **Características macroscópicas:** la madera de estos árboles presenta radios visibles y finos bajo lente de 10x, poros visibles a simple vista, porosidad difusa, en disposición radial, solitarios y múltiples de 2 a 3, anillos de crecimiento distintos, delimitados por una banda de fibras acortadas radialmente. En el plano tangencial: radios visibles bajo lente de 10x, finos y bajos, no estratificados. Líneas vasculares rectilíneas. En el plano radial radios contrastados.

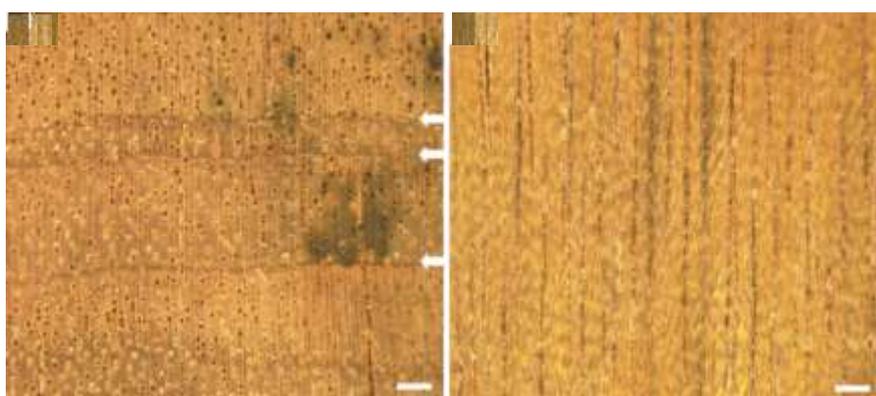


Figura 18. Características macroscópicas en el plano transversal de *Aniba puchury minor* (Mart.) Mez. con un aumento de 40x en (a) y (b)

- **Características microscópicas:** la madera de estos árboles presenta diámetro tangencial de vasos medianos con tilosis presentes; fibras septadas medianas; parénquima axial paratraqueal escaso, vasicéntrico y unilateral; radios delgados, multiseriados con 2 a 3 células de ancho, heterogéneos con células procumbentes y cuadradas marginales. Células de los radios obstruidos por sustancias secundarias de color naranja.

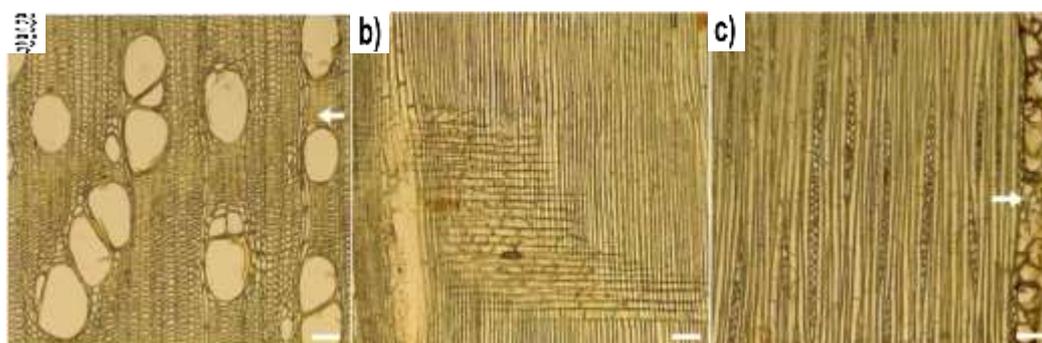


Figura 19. Características microscópicas del plano transversal de *Aniba puchury minor* (Mart.) Mez con un aumento de 100x (a), radial (b) y tangencial con aumento de 100x (c)

4.2. Análisis dendrocronológico

4.2.1. Obtención de cronología maestra

La correlación de las series con la cronología maestra fue alta y significativa ($r = 0.483$, $p < 0.01$) para un periodo de 161 años (1859 - 2020). Este coeficiente garantiza que las muestras fueron fechadas y medidas correctamente e indican la presencia de una señal en el crecimiento de estos árboles, probablemente de una variable climática. La línea gris representa el ancho de anillos individualmente por radio, mientras que la línea negra es el promedio del ancho de anillos de crecimiento de todos los árboles.

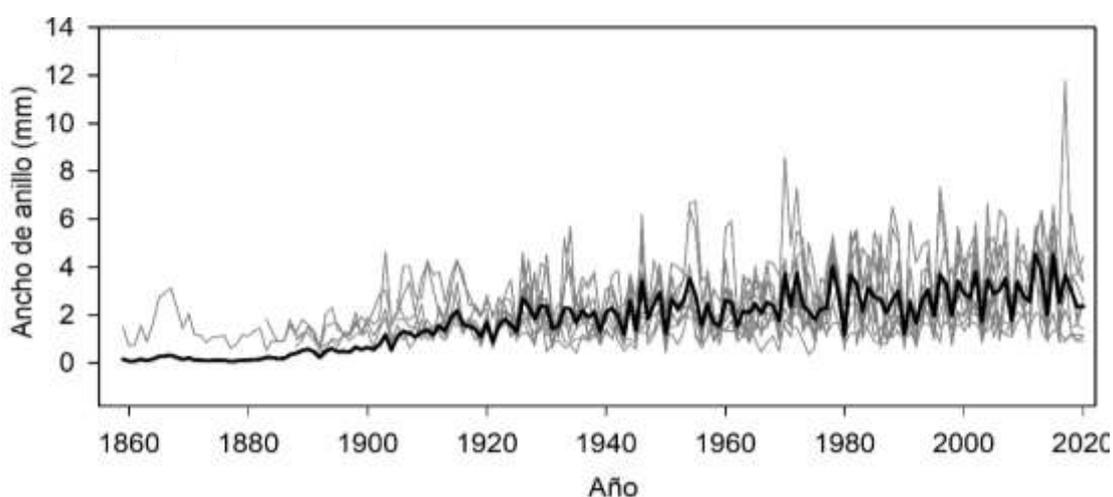


Figura 20. Cronología maestra para árboles del género *Ocotea* y *Aniba*

4.2.2. Estandarización de cronología maestra

En la Figura 21 la cronología se desarrolló a partir de 10 series (fondo gris) con la versión residual. La cronología abarca un periodo desde 1859 hasta el 2020 (162 años); sin embargo, la cantidad de muestras se replican a partir de 1925 con 10 radios. En la Figura 22, se describe los estadísticos para evaluar la calidad de la cronología, se presenta una alta sensibilidad de las variables climáticas con la cronología ($SM = 0.312$), una alta correlación entre series ($Rbar = 0.374$) y un ($EPS = 0.821$) por debajo del umbral de 0.85, se considera una cronología fiable; por lo tanto, los árboles de ambos géneros *Ocotea* y *Aniba* presentan una alta señal común entre árboles del mismo bosque.

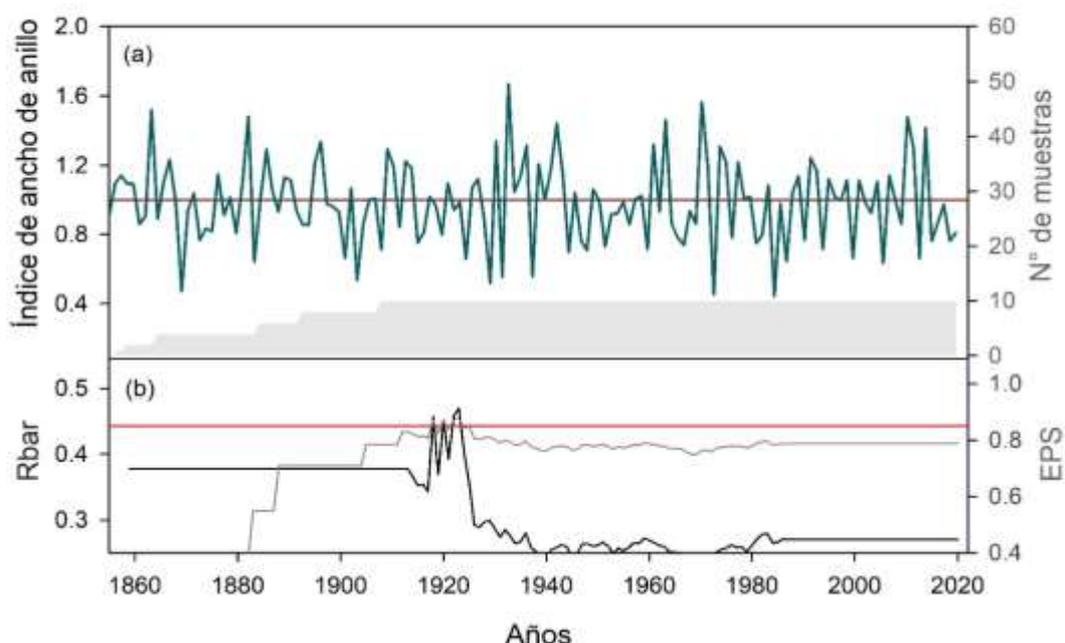


Figura 21. Cronología de ancho de anillos (a) y estadísticos R_{bar} y EPS de 40 años con un traslape de 20 años (b)

Tabla 2. Estadísticos de la cronología residual

Características	Ocotea y Aniba
Número de árboles	5 árboles
Número de series	10 series
Número de anillos	162
Longitud de la cronología maestra	1859 - 2020
Promedio del ancho de anillo	2.314 μm
Correlación entre series	0.483
Sensibilidad media (*)	0.312

Nota: (*) Los valores fueron obtenidos con el programa Arstan

4.2.3. Correlación de variables climáticas con el ancho de anillos

Los datos de precipitación y temperatura de la estación meteorológica Satipo de SENAMHI presentaron altas correlaciones con el índice de ancho de anillos, en comparación con los datos interpolados de PISCO y CRU (ver Tabla 3). Se destaca una correlación alta para la temperatura mínima ($r = -0.54$) y la precipitación ($r = -0.53$).

Tabla 3. Correlación de variables climáticas con el índice de ancho de anillos

Estación meteorológica	Parámetro	Coefficiente de correlación	Periodo
SENAMHI	T° min	-0.54	1996-2021
SENAMHI	T° max	0.29	1995-2021
SENAMHI	pp	-0.53	1991-2021
PISCO	T° min	0.14	1981-2016
PISCO	T°max	-0.06	1981-2016
PISCO	pp	-0.32	1981-2016
CRU	T° media	-0.06	1930-2020
CRU	pp	-0.09	1930-2020

Con base en la tabla 3, se seleccionaron los datos meteorológicos de la estación Satipo del SENAMHI para el análisis de correlación de los índices de precipitación (1991 - 2020), índices de temperatura mínima (1996 - 2020) y los índices de temperatura máxima (1995 - 2020) con el índice de ancho de anillos. El periodo de análisis es el mes de junio del año previo (t-1) hasta mayo del periodo actual (t). Las estaciones de crecimiento previo y actual están representadas por la sombra gris. Las líneas entrecortadas muestran el umbral con un intervalo de confianza al 95 %.

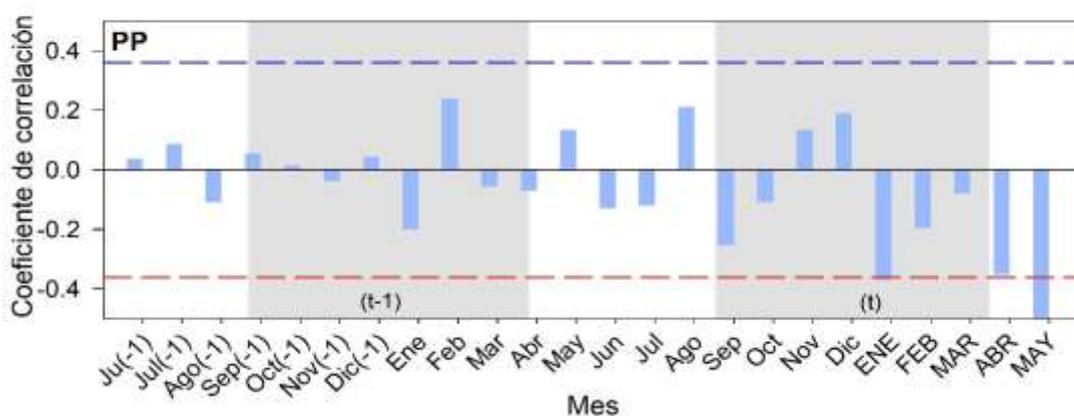


Figura 22. Correlación de la precipitación con el índice de ancho de anillos

En la Figura 22, los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* mostraron una correlación negativa significativa ($r = -0.593$) con precipitación durante los meses de abril y mayo del año actual (t), en comparación con el año previo (t-1) que no fue significativo. La precipitación influye significativamente en el crecimiento de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* en un 59 % con un valor negativo, es decir, la disponibilidad de agua en estos meses le permitirá crecer y desarrollarse en el año actual y almacenar agua para el próximo periodo de crecimiento mientras el 41% se debe a otros factores ambientales que también determinan su crecimiento.

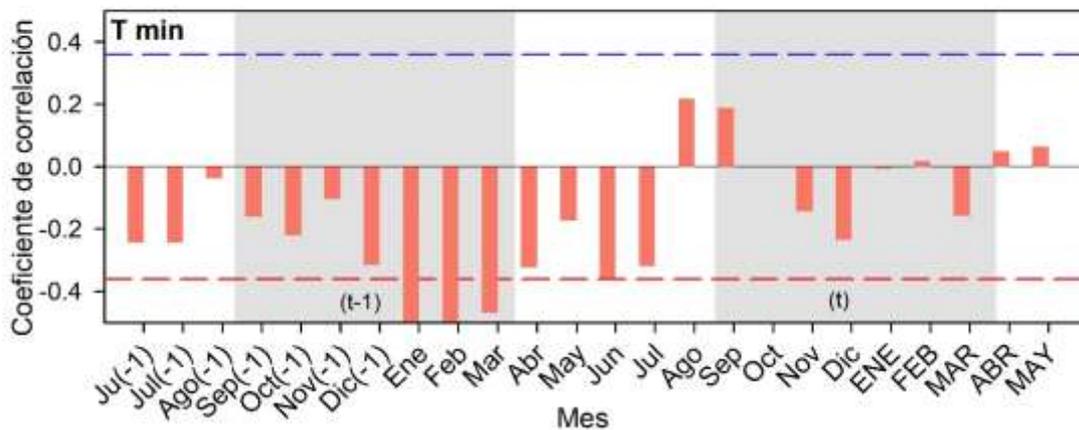


Figura 23. Correlación de temperatura mínima con el índice de ancho de anillos

En la Figura 23, se observa que los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* presentaron una correlación negativa significativa ($r = -0.538$) con la temperatura mínima durante los meses de enero, febrero, marzo y abril del año previo (t-1), en comparación con el año actual (t) que no fue significativo. La temperatura mínima influye significativamente en el crecimiento previo (t-1) y se representa por un 54 %, en estos meses los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* requieren energía solar para crecer en el próximo periodo de crecimiento, el 46 % se debe a otros factores ambientales que también determinan su crecimiento.

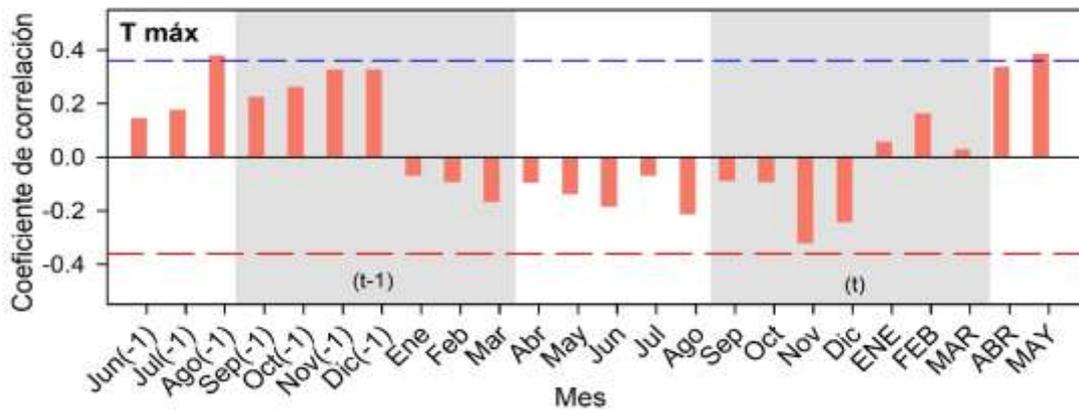


Figura 24. Correlación de temperatura máxima con el índice de ancho de anillos

En la Figura 24, los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* presentaron una correlación positiva ($r = 0.30$) con la temperatura máxima durante los meses de octubre, noviembre y diciembre en el año previo (t-1) y en el año actual (t) en el mes de abril y mayo; sin embargo, no superan el umbral con un intervalo de confianza del 95 %. La temperatura máxima no influye en el crecimiento de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* representado en un 30 %, es decir, la temperatura máxima no determina el crecimiento en comparación con la precipitación y temperatura mínima.

Por lo tanto, el análisis de correlación de precipitación ($r = -0.593$, $p < 0.05$) en el año actual (t) y temperatura mínima ($r = -0.538$, $p < 0.05$) en el año previo (t-1) mostraron una correlación significativa con el índice de ancho de anillos de crecimiento de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba*.

Los eventos extremos, se identificaron como años húmedos y secos que coinciden con anillos anchos y estrechos. El área gris sombreado representa el

crecimiento promedio y la línea roja los valores de T° que coinciden con los anillos anchos y estrechos (ver figura 26).

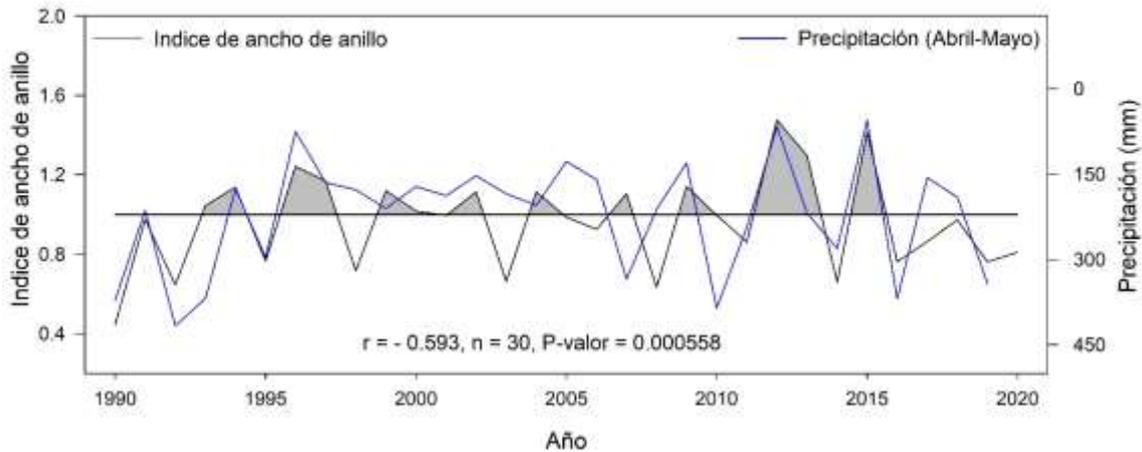


Figura 25. Correlación de índice de precipitación con índice de ancho de anillos

A pesar de las variaciones temporales en el índice de ancho de anillos y el índice de precipitación (mayo y abril) se identificaron coincidencias entre los anillos anchos o años húmedos de 1996, 1997, 2007, 2012, 2013 y 2015, y coincidencias para los anillos estrechos o años secos de 2003, 2008 y 2014.

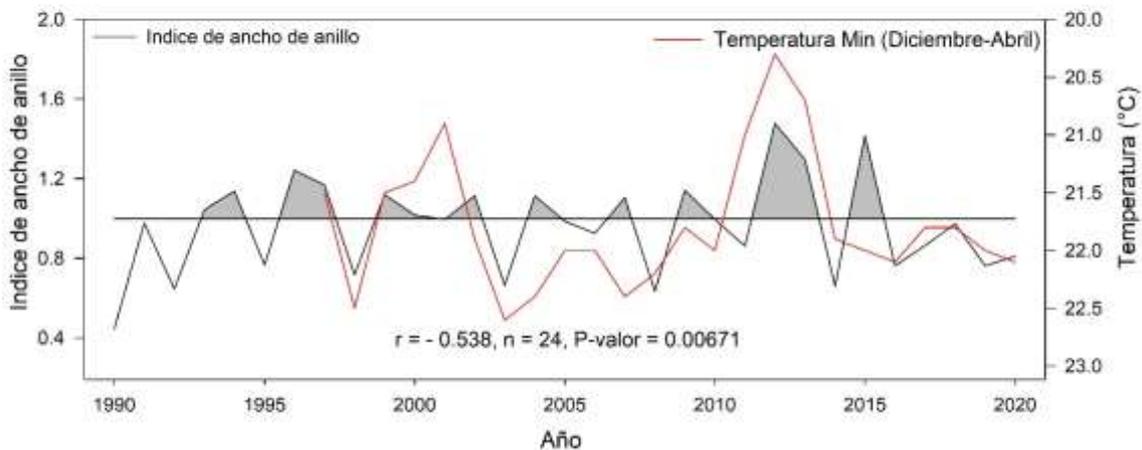


Figura 26. Correlación de índice de temperatura mínima con índice de ancho de anillos

El índice de temperatura mínima (octubre a diciembre) con el índice de ancho de anillos presentaron coincidencias en los anillos anchos o años húmedos de 2009, 2012, 2013 y 2015, y coincidencias para los anillos estrechos o años secos de 1998, 2003, 2014, 2016 y 2019.

4.3. Correlación de precipitación y temperatura con características cuantitativas de vasos

Las características cuantitativas de los vasos (diámetro tangencial, longitud y frecuencia) se midieron en los años 2014 (anillo estrecho), 2012 (anillo ancho) y 2007 (anillo control) de todos los radios de los árboles.

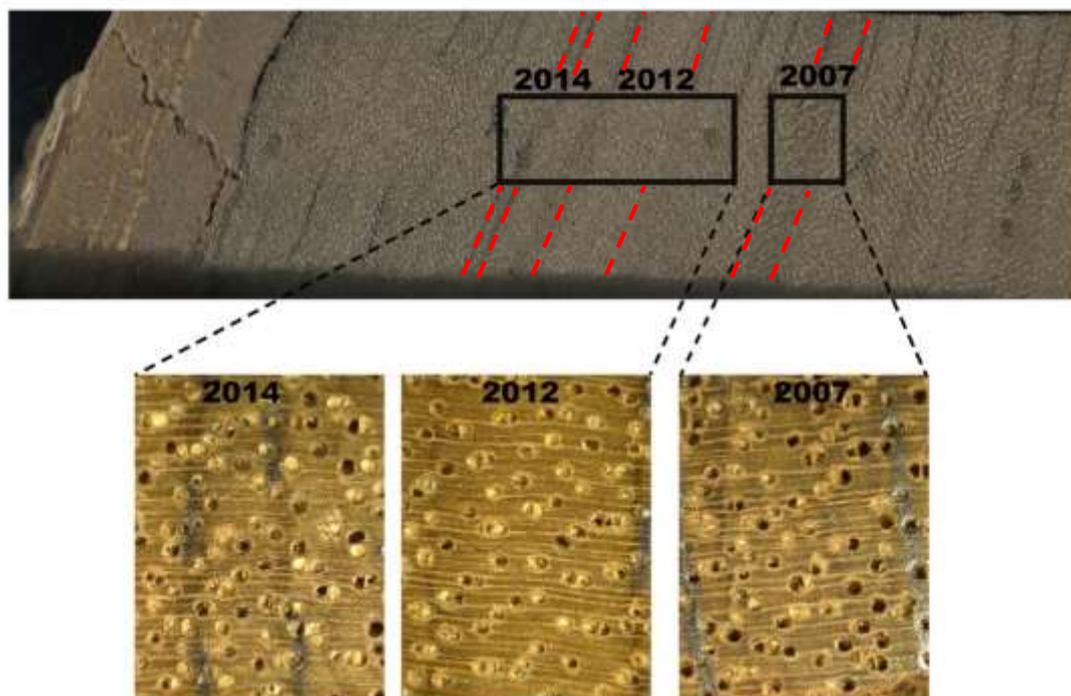


Figura 27. Imagen digitalizada de los anillos de crecimiento: 2014 (anillo estrecho), 2012 (anillo ancho) y 2007 (anillo control)

- **Diámetro tangencial de vasos (μm)**

Los valores del diámetro tangencial de los vasos se encuentran distribuidos entre $65 \mu\text{m}$ - $235 \mu\text{m}$, con una media de $143.49 \mu\text{m}$. Es decir, los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* presentan vasos medianos.

Con la prueba Anova de un factor, se obtuvo un valor $p = 0.024$, este valor es menor al nivel de significancia ($p < 0.05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna que indica la existencia de diferencias en el diámetro tangencial de los vasos de los anillos.

Tabla 4. Estadísticos del diámetro tangencial de vasos

Anillos	Diámetro tangencial (μm)					ANOVA
	Valor máx	Valor min	\bar{X}	σ	CV	
Anillo control (2007)	235	65	141.131	25.784	18.27	0.024
Anillo ancho (2012)	215.3	80.805	144.468	25.361	17.555	
Anillo estrecho (2014)	232.08	65	144.871	26.943	18.598	

Para saber con mayor detalle qué anillos presentan diferencias en el diámetro tangencial de vasos se aplicó la prueba Tukey. Se determinó que existen diferencias significativas en el diámetro tangencial de vasos del anillo estrecho y anillo control ($p = 0.034$). El diámetro tangencial de vasos es diferente entre un anillo y otro por la influencia de precipitación y temperatura. El diagrama de caja y bigotes respalda esta afirmación.

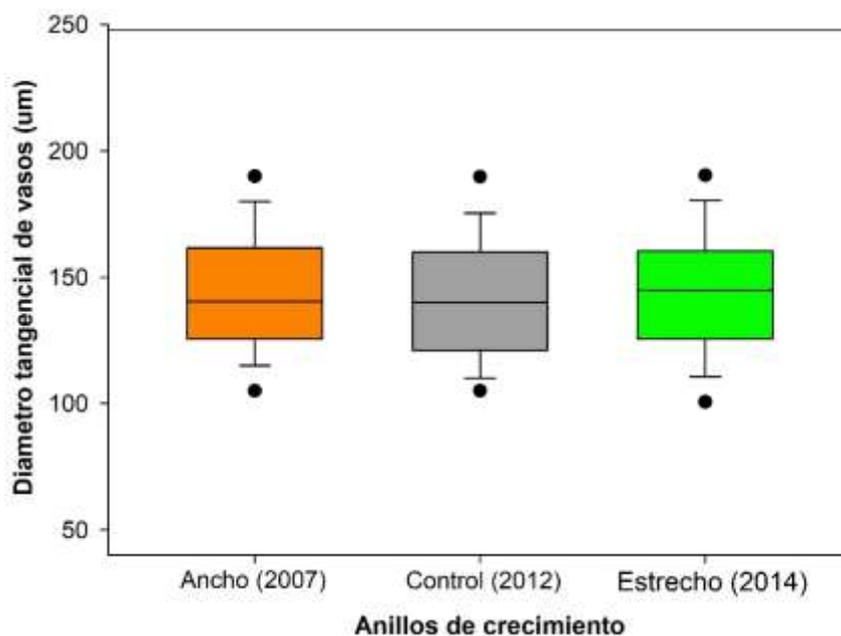


Figura 28. Diagrama de caja y bigotes para diámetro tangencial de vasos

- **Longitud de vasos (μm)**

Los valores de la longitud de vasos se encuentran distribuidos entre 159.59 μm - 796 μm , con una media de 342.85 μm . Es decir, los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* presentan vasos pequeños.

Tabla 5. Estadísticos de mediciones de longitud de vasos.

Anillos	Longitud de vaso (um)					ANOVA
	Valor máx	Valor min	\bar{X}	σ	cv	
Anillo control (2007)	638.26	157.65	345.05	90.46	26.21	0.8985822
Anillo ancho (2012)	645.75	122.50	340.09	98.38	28.92	
Anillo estrecho (2014)	796.24	159.59	343.42	95.06	27.68	

Con la prueba Anova de un factor, se obtuvo un valor $p = 0.898$, este valor es mayor al nivel de significancia ($p > 0.05$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, y se rechaza la hipótesis alterna. Es decir, no existe diferencias entre los grupos de anillos, la longitud de los vasos podría no estar influenciado por la variable precipitación y temperatura. El diagrama de caja y bigotes respalda esta **afirmación**.

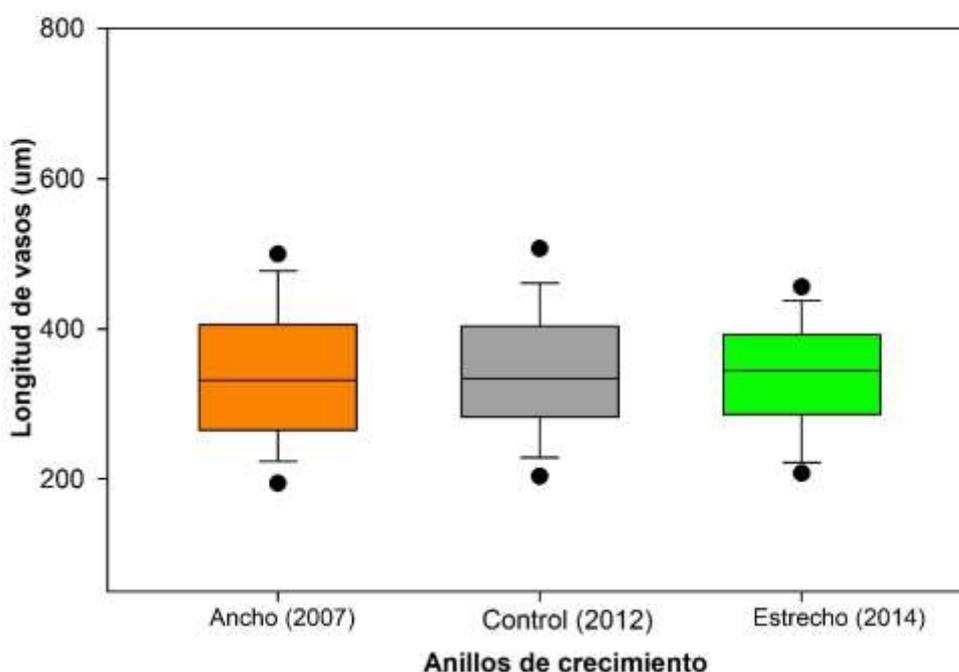


Figura 29. Diagrama de caja y bigotes para longitud de vasos

- **Frecuencia de vasos (mm²)**

Los valores de frecuencia de vasos se encuentran distribuidos entre 0 – 11 vasos por mm², con una media de 5 vasos por mm². Es decir, los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* presentan pocos vasos.

Tabla 6: Estadísticos de frecuencia de vasos.

Anillos	Frecuencia de vaso (vaso/mm ²)					ANOVA
	Valor máx	Valor min	\bar{X}	σ	CV	
Anillo control (2007)	10	1	6	1.74	32.032	0.0005
Anillo ancho (2012)	11	2	5	1.696	31.901	
Anillo estrecho (2014)	10	0	5	1.77	29.586	

Con la prueba Anova de un factor, se obtuvo un valor $p = 0.0005$, este valor es menor al nivel de significancia ($p < 0.05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna. Es decir, existe diferencias entre los grupos de anillos. El diagrama de caja y bigotes respalda esta afirmación.

Para saber con mayor detalle qué anillos presentan diferencias en la frecuencia de vasos se aplicó la prueba Tukey. Se determinó que existen diferencias significativas en la frecuencia de vasos del anillo ancho y anillo estrecho ($p = 0.0008$), asimismo, en el anillo control y anillo estrecho ($p = 0.007$). Con base en estos resultados se demuestra que la frecuencia de vasos si presenta diferencias entre anillos por la influencia de precipitación y temperatura. El diagrama de caja y bigotes respalda esta afirmación.

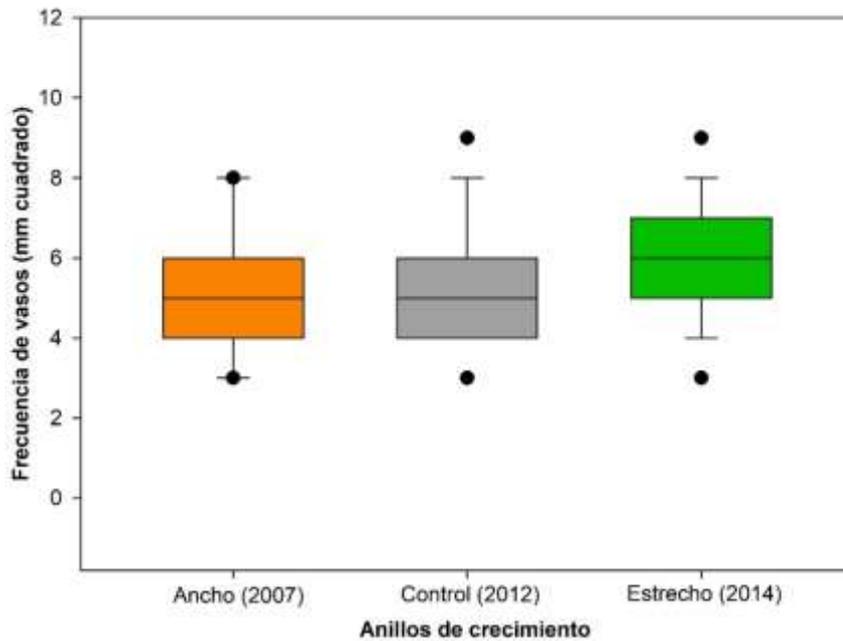


Figura 30. Diagrama de caja y bigotes para frecuencia de vasos

4.4. Discusiones

4.4.1. Caracterización anatómica del género *Ocotea* y *Aniba*

Las características macroscópicas y microscópicas de la madera de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* (Lauraceae) concuerdan con la bibliografía consultada (19) (86). En el género *Ocotea* se observa la formación de parénquima axial vasicentrico y anillos de crecimiento distintos a simple vista (120) delimitados por zonas fibrosas más oscuras (121), la presencia de fibras septadas y porosidad difusa (122) (123), son características comunes en la familia Lauraceae, además con presencia de fibras septadas y porosidad difusa (124). El género *Aniba* presenta parénquima paratraqueal escaso, y radios con células procumbentes cuadradas marginales (86).

Las características que más resaltan para los árboles del género *Ocotea* es la presencia de células oleíferas o aceites, mientras, para árboles del género *Aniba* esta característica no es común como lo menciona el autor (125) (126), sin embargo algunas especies pueden presentar células de aceite (127), y anillos de crecimiento delimitados por una banda de fibras acortadas radialmente como lo reportado para selva central (128).

4.4.2. Análisis dendrocronológico

Esta tesis presenta la primera cronología de ancho de anillos de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* para el periodo 1859 - 2020 (162 años) con un coeficiente de correlación entre series de ($r = 0.483$), este coeficiente demuestra la existencia de una señal común que conduce el crecimiento sincronizado de los árboles en la provincia de Satipo, región Junín (129) (130).

Los parámetros estadísticos resultantes de las mediciones evalúan la calidad de las cronologías y confirman la presencia de una señal común homogénea que se ve reflejado en el crecimiento de toda una población de árboles de un determinado sitio (101) (131) (100). La señal expresada de la población ($EPS = 0.821$), la sensibilidad media ($SM = 0.32$) y el $Rbar$ (0.37) confirman la existencia de una marcada señal común que influyen en el crecimiento de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba*.

Las altas correlaciones reflejan coincidencias en los gráficos entre anillos estrechos y anchos, y permitieron la identificación de eventos extremos en la precipitación y temperatura. Esta sensibilidad a los cambios ambientales también se reportan para la especie *Nectandra amazonun* ($Rbar = 0.28$), ($SM = 0.52$), ($EPS = 0.92$) (132), *Ocotea catharinensis* ($EPS = 0.84$) ($SM = 0.59$) ($Rbar = 0.27$) (133), *Ocotea pulchella* y *Cinnamomum amoenum* (134) de la familia Lauraceae en bosques húmedos tropicales de Brasil según Reis y Morales, 2017 (134).

4.4.2.1. Correlación de variables climáticas con ancho de anillos

Las variaciones de precipitación y temperatura donde crecen los árboles del género *Ocotea* y *Aniba*, se ven reflejadas en los anillos de crecimiento.

Estos resultados convierten a los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* en una importante fuente de registro dendrocronológico para la identificación de eventos extremos que permite establecer la variabilidad climática como ente regulador del crecimiento de estos árboles.

El coeficiente de correlación de precipitación con el índice de ancho de anillos de crecimiento es significativo ($r = -0.593$) en los árboles del género *Ocotea* y

Aniba. El crecimiento se desarrolla en el año actual (t) a finales de la estación lluviosa a partir de abril hasta mayo. La precipitación es un factor climático que afecta el crecimiento de los árboles en los trópicos (135) (136) (137) e inicia la actividad cambial para formar madera temprana mediante la división de células más grandes y finaliza con la dormancia reduciendo la división y el tamaño de los elementos celulares para terminar de formar la madera tardía (138). En un posible escenario de cambio climático, los bosques tropicales pueden verse afectados en la disponibilidad de agua que necesitan para su crecimiento y su fenología reproductiva (139).

El coeficiente de correlación de la temperatura mínima ($r = - 0.538$) con el ancho de anillos de crecimiento es significativa en los árboles del género *Ocotea* y *Aniba*, el crecimiento se desarrolla en el año previo (t-1) en la estación lluviosa a partir de diciembre hasta marzo. La temperatura también influye en el crecimiento del árbol y un incremento podría aumentar las tasas de evapotranspiración y disminuir la disponibilidad hídrica, y dar origen a la formación de anillos estrechos (134) (131).

En selva central, existen estudios previos para algunas especies como: *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), mostró una correlación significativa positiva con la precipitación ($r = 0.69$) en los meses de enero, febrero, marzo y agosto (140). Asimismo, algunas especies de bosques tropicales son sensibles a los cambios anuales de precipitación, es decir la disponibilidad de agua influye en su crecimiento y puede verse afectado ante la disminución o aumento de precipitación en todos los años (141).

Las especies *Ocotea pulchella* y *Cinnamomum amoenum* (Lauraceae) de bosques subtropicales reportaron una correlación positiva con la precipitación ($r = 0.359$) y negativa con la temperatura media ($r = 0.359$) en los meses de noviembre, diciembre y enero, es decir, correlación positiva con la precipitación y negativa con la temperatura (134), estas especies demostraron que su crecimiento anual está asociado a la disponibilidad de agua y dependen de la intensidad de las variables climáticas para formar anillos estrechos o anchos (134) (142).

La especie *Ocotea catharinensis* (Lauraceae) de bosques tropicales demostró una correlación significativa ($r = 0.27$) con precipitación. El crecimiento de especies en el trópico depende de la precipitación para iniciar la activación del cambium vascular durante las lluvias y terminar con la formación de madera tardía durante la estación lluviosa (133).

Los árboles que se someten a condiciones extremas de temperatura o fisiológicas requieren de un mecanismo de seguridad desarrollados en las hojas para reducir la pérdida de agua (143) (144). El comportamiento fenológico de la floración en árboles del género *Ocotea* y *Aniba* empieza en marzo hasta abril (75). Estos cambios en las caídas de hojas, flores, frutos y brote de hojas nuevas deben evaluarse en periodos extremos de precipitación y temperatura para conocer si el árbol pudiese adaptar su fenología ante eventos climáticos (145).

4.4.3. Correlación de precipitación y temperatura con características cuantitativas de vasos.

Las variables climáticas precipitación y temperatura han producido cambios en las características cuantitativas de los vasos, de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba*, el diámetro tangencial aumenta y la frecuencia de vasos disminuye en los años extremos del clima, mientras que la longitud de vaso no modifica sus características.

Estas estrategias adaptativas deben evaluarse en periodos extremos de precipitación y temperatura que afectan a los árboles en sus diferentes nichos ecológicos, de esta forma se conocería la resiliencia del árbol ante eventos extremos de variables climáticas (146) (146).

Los vasos modifican su diámetro tangencial para conducir de forma más eficiente el transporte del agua cuando su disponibilidad es limitada (49). Los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* presenta vasos de diámetro tangencial medianos (143.39 μm). La modificación en las dimensiones del vaso puede suceder en bosques húmedos por un aumento en la precipitación y temperatura según Castrillón et al., 2015 (18) (147) (23).

Los vasos modifican su longitud para transportar de forma eficiente el agua desde la raíz hasta las hojas (49). Los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* presentan vasos pequeños (342.85 μm). Las modificaciones en la longitud de vasos para bosques húmedos dependen de la temperatura (18). Sin embargo, en este estudio los vasos no modificaron su longitud, esto podría deberse a que la temperatura media en el área de estudio se mantiene constante (22°C a 23°C), también puede ser afectado por factores genéticos propios de la especie u otros factores ambientales de su entorno (148).

Los vasos modifican la frecuencia para garantizar la disponibilidad de agua en la estructura de la madera (144) . Los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* presentan pocos vasos por mm^2 (5 vasos/ mm^2). La modificación en la cantidad de vasos puede indicar el tipo de clima (149), en bosques húmedos el aumento de la precipitación y la temperatura suelen disminuir el grado de respuesta de los árboles ante condiciones extremas.

Las características anatómicas cuantitativas de los vasos están relacionadas con la eficiencia y seguridad hídrica, a medida que aumenten las dimensiones del vaso se produce un incremento en la eficiencia en la conducción y a su vez se disminuye la seguridad hídrica en la conducción (150) (147). El diámetro tangencial y la frecuencia de vasos de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba* presentan un comportamiento xeromórfico con orientación a la eficiencia en la conducción de agua. Los bosques tropicales garantizan la disponibilidad de agua que permiten condiciones favorables para que las estructuras se adapten según Alves et al., 2019 (151) (23) .

La precipitación y temperatura influyen en la modificación de los vasos, estos se encargan de conducir agua por lo que debe adaptar su estructura anatómica ante los cambios climáticos para sobrevivir a las posibles condiciones extremas del clima (152) (148) (49). Además, existen otros procesos de adaptación entorno a la altitud y latitud que intervienen en las características de forma y anatomía de los árboles (27) (144) (148).

CONCLUSIONES

1. Las características macroscópicas presentan rasgos comunes entre árboles del género *Ocotea* y *Aniba*, poros visibles a simple vista, disposición radial solitario múltiples de 2 a 3 y anillos de crecimiento delimitados por fibras acortadas radialmente, pero puede observarse zonas fibrosas más oscuras en el género *Ocotea*. Asimismo, las características microscópicas comparten la presencia de tilosis, vasos medianos, radios delgados y se diferencian por la presencia de fibras septadas en el género *Aniba*.
2. La precipitación presenta correlación significativa ($r = -0.593$) con el ancho de anillos de crecimiento de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba*. Asimismo, la temperatura mínima presenta correlación significativa ($r = -0.538$), demostrando que los anillos de crecimiento perciben las variaciones del clima y quedan registrados en el ancho de anillos de crecimientos, lo cual permitirá el desarrollo de estudios dendroclimáticos para conocer climas del pasado y predecir climas del futuro.
3. Las variables climáticas de precipitación y temperatura influyen en las características anatómicas cuantitativas de los árboles del género *Ocotea* y *Aniba*, principalmente en el diámetro tangencial y la frecuencia de vasos, modifican su estructura anatómica para priorizar la eficiencia en la conducción de agua sin perder la seguridad hídrica. Es decir, estos árboles garantizan la eficiencia en la conducción de agua.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de caracterización anatómica en otras especies del género *Ocotea* y *Aniba* en selva central para el desarrollo de estudios de potencialidad dendrocronológica.
2. Ampliar la selección de anillos estrechos, ancho y control en estudios de las características anatómicas cuantitativas del vaso para estudiar con mayor detalle la variabilidad de las mediciones de los elementos anatómicos.
3. Evaluar otros parámetros cuantitativos como longitud y espesor de las paredes de fibras, frecuencia y altura de radios y comparar con las variables de precipitación y temperatura.
4. Utilizar bases de datos de estaciones meteorológicas más cercanas al lugar de estudio y comparar con datos de PISCO y CRU.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IPCC. *Calentamiento Global de 1.5°C*. s.l. : Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019. ISBN 978-92-9169-353-5.
2. DUPA, M. *El informe especial del IPCC sobre Cambio Climático y la Tierra: ¿Que significa para América Latina ?* s.l. : Climate & Developmet Knowledge Network (CDKN), 2019.
3. IPCC. *El cambio climático y la Tierra*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2019. ISBN 978-92-9169-354-2.
4. D. S. N°007 - 2016 - MINAM. *Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático*. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 21 de julio de 2016.
5. LIACZA, A. y otros. *Escenarios climáticos al 2050 en el Perú: Cambios en el clima promedio*. Lima : SENAMHI, 2021.
6. SENAMHI. *Escenario Climático en el Perú para el año 2030*. Lima : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2010.
7. MINAN - Ministerio del Ambiente. *El Perú y el cambio climático*. Lima : Tercera Comunicacion Nacional del Perú, 2016.
8. POLANCO, C. y GRANDE, D. Analisis ecoanatomico, evolutivo y comparativo de la madera de 40 especies de dos asociaciones del bosque altoandino colombiano. *Revista Colomboia Forestal*. Setiembre, 2009, 12 (1), 183 - 203.
9. GUTIÉRREZ, E. *La dendrocronología: Métodos y aplicaciones en Arqueología nautica mediterranea*. Barcelona : Universidad de Barcelona, 2009. pp 309-322.
10. CEPAL. *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en America Latina*. Santiago : Naciones Unidas, 2015.
11. LEÓN, W. Anatomía xilemática del tronco de Pereskia guamacho (Cactaceae) procedente del Estado de Mérida. *Pittieria*. 2002, 31, 41 - 49.
12. ARIAS, S. y otros. La madera en función del ambiente: Un analisis ecoanatómico. *Elementos: Ciencia y Cultura*. 2011, 83, 19 - 23. ISSN: 0187-9073.
13. GIACOMOTTI, J. y otros. Diversidad y composición florística en un gradiente altitudinal en Chanchamayo, Selva Central del Perú. *Folia Amazónica* -

- Revista del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana*. 2021, 30 (1), 1 - 14.
14. MARCELO, P. y REYNEL, C. Patrones de diversidad y composición florística de parcelas de evaluación permanente en la selva central de Perú. *Rodriguésia*. 2014. 65(1), 035-047.
 15. BARAJAS, J. Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. *IAWA*. 1985, 6 (4), 355 - 364.
 16. D.S.Nº 009-2016-MINAM. *Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos*. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 21 de julio de 2016.
 17. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Programa Nacional de Conservación de bosques para la mitigación del cambio climático. *La Conservación de Bosques en el Perú*. Lima : Ministerio del Ambiente, 2016.
 18. CASTRILLÓN, J. y PINZÓN, L. Ecoanatomía del xilema de 25 especies maderables de Bosque húmedo tropical (BH-T) de Colombia. Tesis (Título de Ingeniera Ambiental). Colombia : Universidad Distrital de Caldas , 2015, 89 pp.
 19. GONZALES, I. Atlas de maderas selva central. [En línea] Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2011. [Fecha de consulta: 18 de febrero de 2022] Disponible en: https://issuu.com/nicanorebook/docs/atlas_de_maderas_ebook#:~:text=El%20Atlas%20de%20Maderas%20de,su%20importancia%20comercial%20y%20aprovechamiento.
 20. ALVES, C.y INGA, G. *Guía de anatomía e identificación de 50 especies maderables comerciales en Selva Central, Perú*. Huancayo : Universidad Continental, 2022. ISBN electrónico: 9786124443435.
 21. VENEGAS, A., y otros. *Plasticity in xylem anatomical traits of two tropical species*. Piracicaba : Springer, 2014. DOI 10.1007/s00468-014-1121-z.
 22. ISLAM, M., MIZANUR, R.y BRÄUNING, A. *Long-term wood anatomical time series of two ecologically contrasting tropical tree species reveal differential hydraulic adjustment to climatic stress*. Germany : Agricultural and Forest Meteorology, 2019. 412 - 423 pp.
 23. LEÓN, W. Ecoanatomía de la madera en un bosque húmedo tropical de la reserva forestal Ticoporo. *Revista Forestal Venezolana*, 2013. 57(2), 115-129.

24. BARRERA, E. y otros. La variabilidad anatómica de la madera en cuatro especies forestales de diferentes procedencias al sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*. 2018, 8(2)16-29.
25. SCHIPPERS, P. y otros. Tree growth variation in the tropical forest: understanding effects of temperature, rainfall and CO₂. *Global change Biology*, 2014. 21(7).
26. LÓPEZ, R., QUINTERO, A. y AMADO, S. Rasgos funcionales de la madera de tres bosques en Colombia: Bosque Seco, Andino y Alto-andino. *Ciencia forest*, 2020. ISSN 1980-5098.
27. HUARCAYA, R. Anatomía de los vasos de *Anus acuminata* Kunt a diferentes altitudes. Tesis (Título de Ingeniero Forestal y Ambiental). Huancayo : a Universidad Nacional del Centro., 2016, 84 pp.
28. GARZÓN, F. y SALINAS, L. Variabilidad intraespecífica de los rasgos anatómicos de tres especies en bosques secos tropicales con gradiente de temperatura y precipitación en Colombia. Tesis (Título de Ingeniero en Medioambiente y Recursos Naturales). Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017, 47 pp.
29. DA COSTA, J. *Estudo comparativo do xilema secundário de espécies de Urbanodendron Mez e contribuição da anatomia do lenho à taxonomia da família Lauraceae Juss.* Seropédica : Instituto de Florestas Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, 2016.
30. EGUES, A. Caracterización anatómica de la madera y dendrocronología de *Juglans neotropica* Diels de áreas ribereñas de la provincia de Chachapoyas, Amazonas. Tesis (Título de Ingeniero Forestal y Ambiental). Lima : Universidad Nacional Agraria la Molina, 2021, 81 pp.
31. IPCC. "Cambio climático 2007" *Impacto, adaptación y vulnerabilidad en la contribución del grupo de trabajo II al Cuarto*. s.l. : Primera publicación, 2007.
32. CORREA, K., Avalos, G. y Cubas, F. *Orientaciones para el análisis del clima y determinación de los peligros asociados al cambio climático*. Lima : SENAMHI, 2020.
33. IDEAM. *Glosario Meteorológico* . Bogotá : Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2019.
34. DAVILA, C. y otros. *Atlas de temperatura del aire y precipitación en el Perú*. Lima : SENAMHI, 2021.

35. ACUÑA, D. y ROBLES, D. *Manual de meteorología y de gestión de la información climática*. s.l. : Instituto de Montaña para el proyecto Asegurando el Agua y los Medios de Vida en la Montaña AID-527-A-14-00001, 2015.
36. STRAHLER, A. *Physical Geography*. New York : John Wiley & Sons, 1960.
37. LABORATORIO CLIMATOLOGICO. *Diccionario y glosario en climatología*. España : Universidad de Alicante, 2016.
38. VILLON, M. *Hidrología*. Lima : Editorial Villón, 2002. 2da Edición. .
39. DIAZ, A. y otros. *Escenario de cambio climático en el Perú al 2050: Cuenca Río Piura*. Lima : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, 2005.
40. SEREGER, C. y VILLODA, R. *Hidrología I, unidad 5: las precipitaciones*. Argentina : Universidad Nacional de Cuyo, 2006.
41. JIMENÉZ, C. *Indicadores climáticos. Una manera para identificar la variabilidad*. Mexico : Instituto Politécnico Nacional, 2019.
42. GIMENEZ, A. y otros. *Anatomía de la madera*. Argentina : Universidad Nacional de Santiago de Estero Facultad de ciencias Forestales Catedra de Dendrología, 2005. ISBN 978-987-1676-08-8.
43. FRANKE, B. y QUENNEVILLE, P. *Numerical modeling of The failure behaviour of dowel connections in wood*. s.l. : Journal of Engineering Mechanics, 2011. 137(3), 186.
44. UGARTE, J. y MORI, Z. *Guía para identificación de la madera de 50 especies forestales del Perú*. Lima : CITE madera.
45. GONZALES, E. *Identificación Organoléptica y Macroscópica de Maderas Comerciales*. Lima : CITEmadera, 2008.
46. CARLQUIST, S. *Ecological strategies of xylem evolution*. Berkeley : Univ. of California Press, 1975.
47. CARLQUIST, S. Further concepts in ecological wood anatomy, with comments of recent work in wood anatomy. *Aliso*.1980, 9 (4),499-553.
48. BASS, P. Some Functional and adaptative aspects of vessel member morphology. *Leiden Botanical*. 1976, 3, 57-181. .
49. CARLQUIS, S. Ecological factors in wood evolution : a floristic approach. *Amer. J. Bot.*, 1977, 64, 887-896.
50. SIDYASA, K. y Bass, P. Ecological and systematic wood anatomy of *Alstonia* (Apocynaceae). *IAWA*. 1998, 19, 207-229.

51. FRITTS, H. *Tree Ring and Climate*. New Jersey : Blackburn Press, Caldwell, 2001. pp 567.
52. PATÓN, D. y CUENCA, J. *Concepto de Dendrocronología*. s.l. : Academia, 2014.
53. SPEER, J. *Fundamentals of tree-ring research*. [En línea] Indiana State University, 2009. pp 41-45 . [Fecha de consulta: 13 de febrero 2022] Disponible en : file:///C:/Users/User/Downloads/Speer2010Chapters1-3.pdf
54. SPEER, J. *Fundamentals of tree-ring research*. Tucson : The university of Arizona Press, 1971. ISBN: 978-0-8165-2684-0.
55. GRISSINO, H. *Crossdating- The basic Principle of Dendrocronology*. Arizona : Laboratory of Tree-Ring Research, and The University of Arizona, 2000.
56. COOK, E. *A conceptual linear aggregate model for tree ring*. In: *E.R.Cook and L.A. Kairiukstis eds., Methods of Dendrochronology : Applications in the Environmental Sciences*. Dordrecht, the Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 1992. pp. 98-104.
57. GIRALDO, J. Dendrocronología en el trópico: Aplicaciones actuales y potenciales. *Colombia Forestal*, 2011,14(1), 97-111.
58. LLUNCOR, D. *Utilizacion industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales*. Lima : Ministerio de Agricultura, 2011. Rev.2 (I).
59. LLORENTE, C. La historia que nos explica los arboles . *Biología online. Revista de divulgacion de la Facultad de Biología*. 2012,1(2) 24.
60. JUARÉZ, A. y ARDISSON, P. Formacion de anillos de crecimiento: Fuente natural de información biológica y ambiental. *Avance y perspectiva*. 2005, 24, 25-31.
61. LENZ, O. The use of radiography in the examination of annual rings. *Swiss : Forest Research Inst.*1957, 33, pp 5.
62. SIQUIERA, K.P. *Variabilidade da massa específica de pinus taeda I. Em diferentes classes de sítio*. Curitiba : Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2004. pp 54.
63. TOMAZELLO F. y otros. Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of Eucalypt wood. *Madera: Ciencia y Tecnologia*. 2008, 10(2), 139-145.

64. SCHWEINGRUBER, F. y otros. The x-ray technique as applied to dendroclimatology. *Tree-ring Bull.* 1978,38, 61-91.
65. CHAGAS, M. y otros. *Variação da densidade básica da madeira, no sentido base topo, de árvores de Eucalyptus grandis X E. urophylla.* In: *SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP.* Piracicaba : USP, 2005. pp 13.
66. FERREIRA, A., TOMAZELLO F. Caracterización dos anéis de crescimento de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. por densitometria de raios X. *Scientia Forestalis.* 2009, 37(83), 287-298.
67. KLUSEK, M y GRABNER, M. X-ray densitometry of Norway spruce subfossil wood from the Austrian alps. *Tree Ring Res.* 2016, 72, 23-34.
68. TOMAZELLO, F. *Efeito da irrigação e da fertilização nas propriedades do lenho de árvores de Eucalyptus grandis x urophylla.* Piracicaba : Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2006. pp 135.
69. CHANDERBALI, A., VAN DER WERFF, H. y RENNER, S. Phylogeny and Historical Biogeography of Lauraceae: Evidence from the Chloroplast and Nuclear Genomes. *Missouri Botanical Garden.* 2001, 88,104-134,
70. LEON, B. *Lauraceae endémicas del Perú.* Lima : Rev. Perú. biol., 2006. ISSN 1727-9933.
71. BROTTTO, M., CERVI, A. y PEREIRA, É. O Genero *Ocotea* (Lauraceae) No estado do Paraná - Brasil. *Rodriguésia,* 2013. 64(3), 495-525.
72. ASSIS, L., SILVA, C. y SALIM, L. The *Ocotea Aureotomentosa* (lauraceas) hypothesis based on the morphological line of evidence. *Belo Horizonte : The New York Botanical Garden Press.* 2018. ISSN: 1938-436X (electronic).
73. GBIF Backbone Taxonomy. *Ocotea aciphylla* (Nees) Mez in GBIF Secretariat. [En línea] 14 de Septiembre de 2021. [Fecha de consulta : 06 de Diciembre de 2021.] <https://doi.org/10.15468/39omei> .
74. QUISPE, L. Caracterización dendrológica de 20 especies forestales del bosque montano húmedo en la región del Madidi. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). La Paz : Universidad Mayor de San Andres, 2014, 141 pp.
75. PÉREZ, D. y otros. *Comportamiento fenológico preliminar de cinco especies maderables en bosque sub andino de la comunidad campesina*

- Molinopampa, Amazonas, Perú*. Chachapoyas : Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – IIAP, 2014.
76. CASTILLO, Á. *Manual dendrológico de las principales especies de interes comercial actual y potencial de la zona del Alto Huallaga*. s.l. : Ministerio de Agricultura, 2010.
77. OEFA - Organismo de Supervisión de los recursos forestales y de fauna silvestre. *Fichas de identificación de especies forestales*. Lima : Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-15151, 2015.
78. SOLOMON, J. y STIMMEL, H. *Tropicos Specimen Data. Missouri Botanical Garden. Occurrence dataset*. [En línea] GBIF - Global Biodiversity Information Facility, 2021. [Fecha de consulta: 23 de febrero de 2022] Disponible en: <https://www.gbif.org/es/species/152359243/verbatim>.
79. PRODUCE - Ministerio de la Producción. *Catálogo de bienes especializados - Sector Madera*. Lima : Compras a MYPERú, 2021.
80. REYNEL, C. y otros. *Árboles útiles de la amazonia peruana y sus usos*. Lima-Perú : s.n., 2003.
81. R. D. E.N° 241-2016-SERFOR-DE. “*Metodología para la determinación del valor al estado natural de la madera para el pago de derecho del aprovechamiento*” y los “*Valores al estado natural de la madera*”. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 26 de octubre de 2016.
82. TRAVEIRA, F., DA SILVA, M. y GUILHERME, M. Essential oil of aniba puchury minor (mart.) Mez occurring in the Amazon. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*.2003, 6. ISSN 0972-060X.
83. OSINFOR. *Distribución de las especies forestales del Perú*. s.l. : Organismo de supervisión de los recursos Forestales y de Faun Silvestre, 2006.
84. UGARTE, J. y MORI, I. *Guía para la identificación de la madera de 50 especies forestales del Perú*. Lima : Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de la Madera - CITEmadera, 2020.
85. CASTILLO, Á. *Manual dendrológico de las principales especies de interes comercial actual y potencial de la zona de alto Huallaga*. s.l. : Ministerio de Agricultura, 2010.
86. ARMIJOS, A. Evaluación anatomica de las 50 especies forestales en el sur de Ecuador. Tesis (Título de Ingeniero Forestal). Ecuador : Universidad Nacional de Loja, 2019, 159 pp.

87. CIMA - cordillera Azul. *Restauración ecológica del paisaje: Estrategias escalables y modelos en San Martín, Perú, Zona de amortiguamiento del parque nacional cordillera azul*. San Martín : www.cima.org.org.pe, 2021.
88. QUESADA, R. y FERNÁNDEZ, J. Actualización de listado de especies arbóreas de uso forestal y otros usos en Costa Rica. *Revista Forestal* , 2005. 2(4).
89. FLORES, Y. *Árboles nativos de la región Ucayali*. Pucallpa, Perú : Estacion Experimental Agraria Pucallpa, 2018. p 375.
90. THE INTERNATIONAL BARCODE OF LIFE CONSORTIUM. *International Barcode of Life project (iBOL). Occurrence*. s.l. : GBIF - Global Biodiversity Information Facility, 2022. <https://www.gbif.org/occurrence/2250942256>.
91. BIODIVERSITY KNOWLEDGE INTEGRATION CENTER. *Tree Atlas of Panamá*. Arizona : Smithsonian Tropical Research Institute.
92. IPCC. *Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos. Resumen para responsables de políticas*. s.l. : Publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2012.
93. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE. *Glosario de Términos*. Santiago de Chile : Centro UC Cambio Global, 2017.
94. KAENEL, M. y SCHWEINGRUBER, F. Multilingual Glossary of Dendrochronology. *Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP Birmensdorf*. 1995, 133, p274. ISBN 3-258-05259- X
95. CONSTANTE, V. y otros. *Parámetros para definir el potencial dendrocronología*. Mexico : Institucion Nacional de investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2010. ISBN: 978 - 607- 427 - 475- 4.
96. GRISSINO, H. *Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA*. 2001.
97. HOLMES, R. Computer - assisted quality control in tree - ring dating and measurement. *Laboratory of tree-ring research University of Arizona*. 1983. 43, 69 - 78.
98. FRITTS, H. *Tree ring and climate* . s.l. : Elsevier, 2012.
99. COOK, E. y et. al. *Tree-ring standardization and growth-trend estimation. Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*., 1990. p. 104-123.

100. WIGLEY, T., BRIFFA, K. y JONES, P. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hidrometeorology. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 1984, 23, 201-213.
101. FRITTS, H. *Tree rings and climate*. New York : Academic Press, 1976. pp 567.
102. ROIG, F. *Dendrocronología en America Latina*. Mendoza : Universidad de Cuyo, 2000.
103. FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, L. *Metología de la investigación*. México: McGraw-Hill/Interamericana editores S.A. 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
104. HERNANDEZ, R. *Metodología de la investigación*. México : Mcgraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
105. FRITT, H. *Dendroclimatology and dendroecology*. s.l. : Quaternary Research, 1971. 1:419-449.
106. COMISIÓN TÉCNICA REGIONAL JUNÍN . *Memoria descriptiva del estudio climatico y zonas de vida del departamento de Junín a escala: 1:100000*. s.l. : Gobierno Regional de Junín, 2015.
107. CASTRO, A.y otros. *Climas del Perú - Mapa de clasificación Climática Nacional*. Lima : SENAMHI, 2021.
108. IBAMA. *Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I. Angiospermae II. Gimnospermas*. Brasilia : s.n., 1992. 17p.
109. SCHULMAN, E. *Dendroclimatic changes in semiarid America*. Tucson : University of Arizona Press, 1956.
110. STOKES, M.y SMILEY, T. *An introduction to tree ring dating*. s.l. : The University of Chicago Press, 1968. 73p..
111. LARSON, L. *CooRecorder: Image co-ordinate recording program*. Saltsjöbaden, Sweden. : Cybis Elektronick & Data AB, 2003.
112. MAXWELL, R. y LARSON, L. *Measuring tree-ring widths using the CooRecorder software application*. s.l. : Dendrochronología, 2021. pp 67.
113. COOK, E. y Holmes, R. *User manual for program ARSTAN, adapted from: Holmes, R.L., Adams, R.K., Fritts, H.C., 1986. User manual for program ARSTAN*. Tucson, Arizona : University of Arizona,, 1999. pp 50-56.
114. COOK, E. *A time series analysis approach to tree ring standardization*. s.l. : The university of Arizona, 1985.

115. WIGLEY, B. y JONES, P. *On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology*. s.l. : Journal of Climate and Applied Meteorology, 1984. p. 201-213.
116. BRIFFA, K. *Interpreting High-resolution Proxy Limat Data: The Example Of Dendroclimatology*. In Von Stor H, A Navarra Eds. *Analysis Of Limat Variability, Applications Of Statal Techniques*. Berlin : Springer, 1995. p. 77-94.
117. BLASING, T., SOLOMON, A. y DUVICK, N. *Tree-Ring Bulletin*. Arizona : Tree-Ring Society, 1984. Vol 44.
118. FRANKLIN, G. Preparation of thin Sections of synthetic resins and wood-resins composites, and a new macerating method for wood. *Nature*. 1945, 155,51-51.
119. IAWA. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin new series*. 1989,10(3),219-332..
120. FERREIRA, C. y otros. Identification of tree species from the Peruvian tropical amazon "Selva Central" forests according to wood anatomy. *BioResources*. 2021,16(4), 7161-7179..
121. VALENCIA, G. Caracterización anatómica de los anillos de crecimiento de 40 especies forestales tropicales potenciales para estudios dendrocronológicos - Selva central.Tesis (Título de Ingeniera Forestal). Huancayo : Universidad Nacional del Centro, 2011, 158 pp.
122. DIAZ, O. *Anatomia de la madera*. Valdivia, Chile : Marisa Cuneo Ediciones, 2003. pp 151.
123. TOMAZELLO, M. y otros. Anatomical features of increment zones in different tree species in the State of Sao Paulo. *Scientia Forestalis*. 2004, 66, 46-56.
124. BERNARDINO, F., RODRIGUES, A. y FILHO, T. *Anatomia do lenho de árvores de espécies de canela, Ocotea Aubl. e Nectandra Rol. Ex. Rottb. (Lauraceae) ocorrentes no Estado de Santa Catarina*. Florianópolis : Universidad Federal de Santa Catarina, 2012.
125. LEÓN, W. Estudio anatómico del leño de ocho especies del genero Aniba Aublet (Lauraceae) . *Rev. Forest*. 2000, 44(1) 200.
126. PEREZ, A. Anatomía e identificación de 40 maderas de bosque La Mucuy. *Revista Pittieria*. 1993, 20, 5-78.

127. RICHTER, H. Wood and Bark Anatomy of Lauraceae. I: Aniba Aublet . *IAWA Bull.* 1981, 2, 79-87.
128. BELTRÁN, L. y VALENCIA, G. Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central, Perú. *Rev. Biol. Trop.* 2013, 61 (3), 1025-1037. ISSN-0034-7744.
129. INGA, G. Turno Biológico de corta en *Juglans neotropica* Diels, a partir del análisis de anillo de crecimiento en selva central del Perú. Tesis (Título de Ingeniero Forestal). Universidad Nacional del Centro, 2011.
130. PEREYRAa, M. Potencialidad de *Cedrela Odorata* L. para estudios dendroclimáticos y dendroecológicos en selva central del Perú. Tesis (Título de Ingeniero Forestal). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2011.
131. OLIVEIRA, J., ROIG, F., PILLAR, V. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in the southern Brazilian highlands. *Aust. Ecol.* 2010, 35 (2), 134–147..
132. QUIXABEIRA, J. *O impacto das variações climáticas e hidrológicas no crescimento arbóreo de Nectandra amazonum (família Lauraceae) em uma floresta de várzea na Amazônia Central.* Manaus, Amazonas : Instituto Nacional de Pesquisas da amazonia, 2020.
133. SILVA, W. y otros. Cambium phenology and dendrochronology of the endangered tropical tree *Ocotea catharinensis* Mez. *IAWA Journal.* 2021, 42(2), 111-120.
134. REIS, G. y MORALES, J. Lauraceae: A promising family for the advance of neotropical dendrochronology. *Elsevier.* 2017, 44, 103-116.
135. CARLQUIST, S. *Comparative wood anatomy.* Berlin : Springer, 1988.
136. MACEDO, T. y otros. Climate signals in the tree rings of *Paubrasilia echinata* (Leguminosae-Caesalpinioideae) from the Atlantic forest of Brazil. *Trees.* 2020, 34, 337 – 347..
137. BRANDES, A. y otros. Seasonal cambial activity and wood formation in trees and lianas of Leguminosae growing in the Atlantic forest: a comparative study. *Botany.* 2015, 93, 211–220..

138. CALLADO, C. y otros. Studies on cambial activity: advances and challenges in the knowledge of growth dynamics of Brazilian woody species. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2014, 86, 277- 284.
139. PENDERGRASS, A. y otros. Precipitation variability increases in a warmer climate. *Sci. Rep.* 2017, 7,1–9.
140. PEREYRA, M. y otros. Potencialidad de *Cedrela odorata* (Meliaceae) para estudios dendrocronológicos en la selva central del Perú. *Rev. Biol. Trop.* 2014, 62 (2), 783-793.
141. RAMÍREZ, J. y DEL VALLE, J. Local and global climate signals from tree rings of *Parkinsonia praecox* in La Guajira, Colombia. *International Journal of Climatology*. 2012, 32 (7), 1077-1088.
142. CATTANEO, N. y otros. Sex-related, growth climate association of *Araucaria angustifolia* in the neotropical ombrophilous woodlands of Argentina. *Dendrochronologia*. 2013, 31 (3), 147–152..
143. BASS, P., WERKER, E. y FAHN, A. Some Ecological Trends in Vessel Characters. *IAWA Bulletin*. 1983, 4,141-159..
144. LEÓN, W. y ESPINOZA, N. *Anatomía de la madera*. Venezuela : ResearchGate, 2001. ISBN 980-11-0504-6.
145. PINEDA, E. y otros. *Fenología, incremento en diámetro y periodicidad de anillos de crecimiento de enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb (leguminosae) en Costa Grande, Guerrero, México*. México : Polibotánica, 2017. ISSN 1405-2768.
146. BAAS, P. y Miller, R. Functional and Ecological Wood Anatomy some Introductory. *IAWA Bulletin*. 1985, 6,281.
147. COSMO, N. Ecología do lenho de 19 espécies nativas do estado do Paraná. Tese (Título de Doutor em Ciências Florestais). Estado do Paraná : Universidade Federal do Paraná., 2012. 65 pp.
148. MONTAÑO, S. y otros. La Madera en función del Ambiente: Un análisis ecoanatómico. *Elementos: Ciencia y cultura*. 2011,18 (83), 19-23..
149. CARLQUIST, S. y HOECKMAN, D. Ecological wood anatomy of the woody Southern California flora. *AWA Bull.* 1985, (6), 319-347..
150. SIDDIYASA, K. y BAAS, P. Ecological and Systematic Wood Anatomy of *Alstonia* (Apocynaceae). *IAWA Journal*. 1998, 19, 207-229..

151. ALVES, C., DE OLIVEIRA, A. y URBINATI, C. Comparative Wood Anatomy of Two Tropical Species. *Scientia Agraria Paranaensis*. 2019. ISSN: 1983-1471.
152. MOYA, R. y TOMAZELLO, M. Variation in the Wood anatomical structure of *Gmelina arborea* (Verbenaceae) trees at different ecological conditions in Costa Rica. *Revista Biologica Tropical*. 2008, 56 (2), 689-704.

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de consistencia

Tabla 7. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADOR	METODOLOGÍA
General	General	General	Variable independiente:		<ul style="list-style-type: none"> • Tipo investigación: de Inductivo - deductivo • Nivel de investigación: Descriptivo • Diseño de investigación: No experimental
¿Cómo influyen las variables climáticas de precipitación y temperatura en las características anatómicas del género <i>Ocotea</i> Aubl y <i>Aniba</i> Aubl en Satipo, Junín?	Evaluar la influencia de las variables climáticas de precipitación y temperatura en las características anatómicas del género <i>Ocotea</i> Aubl. y <i>Aniba</i> Aubl. en Satipo, Junín.	Las variables climáticas de precipitación y temperatura influyen en las características anatómicas del género <i>Ocotea</i> Aubl. y <i>Aniba</i> Aubl. en Satipo, Junín	Variables climáticas	Precipitación (mm) Temperatura (°C)	
Específicos	Específicos	Específicas	Variable dependiente	INDICADORES	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de diseño: Básica • Población: Bosques Tres Unidos de Matereni • Muestra: 5
¿Cuáles son las características macroscópicas y microscópicas del género <i>Ocotea</i> Aubl y <i>Aniba</i> Aubl?	Describir las características macroscópicas y microscópicas del género <i>Ocotea</i> Aubl. y <i>Aniba</i> Aubl.	Las características macroscópicas y microscópicas son similares en el género <i>Ocotea</i> Aubl. y <i>Aniba</i> Aubl		Características macroscópicas y microscópicas	

<p>¿Qué relación existe entre las variables climáticas de precipitación y temperatura con el ancho de anillos de crecimiento del género <i>Ocotea</i> Aubl y <i>Aniba</i> Aubl?</p>	<p>Identificar qué relación existe entre la precipitación y temperatura con el ancho de anillos de crecimiento del género <i>Ocotea</i> Aubl. y <i>Aniba</i> Aubl.</p>	<p>La precipitación y temperatura correlacionan significativamente con el ancho de anillos de crecimiento del género <i>Ocotea</i> Aubl. y <i>Aniba</i> Aubl.</p>	<p>Características anatómicas de la madera</p>	<p>Ancho de anillo de crecimiento (mm)</p>	<p>rodajas de árbol.</p> <p>• Técnicas de recolección y procesamiento de datos:</p> <p>Estudios en anatomía de la madera y la técnica de la dendrocronología</p>
<p>¿Cómo afecta la precipitación y temperatura en las características cuantitativas de los vasos del género <i>Ocotea</i> Aubl y <i>Aniba</i> Aubl?</p>	<p>Explicar cómo afecta la precipitación y temperatura en las características cuantitativas de los vasos del género <i>Ocotea</i> Aubl. y <i>Aniba</i> Aubl.</p>	<p>La precipitación y temperatura influyen en las características cuantitativas de los vasos del género <i>Ocotea</i> Aubl y <i>Aniba</i> Aubl.</p>	<p></p>	<p>Vasos</p>	<p></p>

Anexo 2

Solicitud de permiso



Firmado digitalmente por CERDAN
QUILIANO Miriam Mercedes FAU
20562836927 soft
Cargo: directora general
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 06.07.2021 21:25:05 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Magdalena Del Mar, 06 de Julio del 2021

CARTA N° D000768-2021-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS

Señora
JANET GABY INGA GUILLEN
Investigadora
Carretera Central N° 1339 – Concepción
jingag@continental.edu.pe
Junín.-

Asunto : Remito RDG N° D000358-2021-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS

Referencia : Solicitud S/N (01/06/2021)

Es grato dirigirme a usted, con relación al documento de la referencia, mediante el cual solicitó la autorización con fines de investigación científica de flora silvestre como parte del proyecto de investigación titulado: "MaderApp: Un aplicativo móvil para el reconocimiento automático y en tiempo real de especies maderables comerciales para combatir la tala ilegal en Selva Central".

Al respecto y de acuerdo a lo solicitado, remito para su conocimiento y fines, la Resolución de Dirección General N° D000358-2021-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS (05/07/2021), mediante la cual se resuelve otorgar a su favor la autorización con fines de investigación científica de flora silvestre, fuera de Áreas Naturales Protegidas, correspondiéndole el Código de Autorización N° **AUT-IFL-2021-038**, como parte del proyecto de investigación titulado "MaderApp: Un aplicativo móvil para el reconocimiento automático y en tiempo real de especies maderables comerciales para combatir la tala ilegal en Selva Central", a desarrollarse en el caserío Pampa Azángaro y el anexo Unión Pampa Hermosa del distrito Perené, localidad La Romilda del distrito Chanchamayo y el centro poblado Nueva Esperanza del distrito Pichanaki de la provincia Chanchamayo, departamento de Junín, en los puntos de evaluación indicados en el Cuadro N° 01 del ANEXO 1 de la presente resolución; cuya vigencia se contabilizará desde el día siguiente hábil de su notificación.

Sin otro particular, expreso mis cordiales saludos.

Atentamente,

Documento firmado digitalmente

Miriam Mercedes Cerdán Quiliano
Directora General
Dirección General de Gestión Sostenible del
Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre
Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR

Exp. N° 2021-20647



Av. Javier Prado Oeste N° 2442
Urb. Orrantía, Magdalena del Mar – Lima 17

Figura 31. Solicitud de permiso a SERFOR para la recolección de rodajas de madera

.. Anexo 3

Constancia de identificación

JARDÍN BOTÁNICO DE MISSOURI

Constancia

El que suscribe, deja constancia que las muestras botánicas, enviadas al Herbario Selva Central Oxapampa (HOXA), para su identificación botánica, por la Mg. Janet Gaby Inga Guillen, responsable del Proyecto MaderApp: Un aplicativo móvil para el reconocimiento automático y en tiempo real de especies maderables comerciales para combatir la tala ilegal en Selva Central. Corresponden a los nombres científicos siguientes:

Primer envío

Código	FAMILIA	NON-CIENTIFICO
W501	Lauraceae	Nectandra sp. (posible Nectandra pearcei Mez vel sp. aff.)
Z672	Lauraceae	Endlicheria sp. (posible Endlicheria robusta (A.C. Sm.) Kosterm. vel sp. aff.)
W408	Lauraceae	Aniba perutilis Hemsl.
T343	Lauraceae	Nectandra sp. (posible Nectandra pearcei Mez vel sp. aff.)
V314	Chrysobalanaceae	Hymenopus heteromorphus (Benth.) Sothers & Prance
R323	Lauraceae	Ocotea oblonga (Meisn.) Mez
Z550	Calophyllaceae	Calophyllum brasiliense Cambess.
Z565	Calophyllaceae	Calophyllum brasiliense Cambess.
Z577	Myristicaceae	Otoba glycyarpa (Ducke) W.A. Rodrigues & T.S. Jaram.
S178	Caryocaraceae	Caryocar glabrum (Aubl.) Pers.
V259	Caryocaraceae	Caryocar glabrum (Aubl.) Pers.
R288	Lauraceae	Ocotea sp. (posible Ocotea whitei Woodson vel sp. aff.)
R306	Lauraceae	Nectandra sp. (posible Nectandra pearcei Mez vel sp. aff.)
R288	Lauraceae	Endlicheria krukovii (A.C. Sm.) Kosterm.
R283	Caryocaraceae	Caryocar glabrum (Aubl.) Pers.
Z101	Calophyllaceae	Calophyllum brasiliense Cambess.
W498	Moraceae	Ficus sp.
Z642	Lauraceae	Indet.
Z647	Chrysobalanaceae	Hymenopus heteromorphus (Benth.) Sothers & Prance

Segundo envío

Código	FAMILIA	NON-CIENTIFICO
C619	Myristicaceae	Otoba glycyarpa (Ducke) W.A. Rodrigues & T.S. Jaram.
C630	Caryocaraceae	Caryocar glabrum (Aubl.) Pers.
E199	Moraceae	Ficus sp.
C737	Lauraceae	Nectandra reticulata (Ruiz & Pav.) Mez
D495	Myristicaceae	Otoba glycyarpa (Ducke) W.A. Rodrigues & T.S. Jaram.
J08	Juglandaceae	Juglans neotropica Diels
A523	Rhizophoraceae	Sterigmapetalum obovatum Kuhl.

JARDÍN BOTÁNICO DE MISSOURI

E75	Lauraceae	Aiouea montana (Sw.) R. Rohde
E70	Lauraceae	Ocotea sp. (posible Ocotea whitei Woodson vel sp. aff.)
C604	Lauraceae	Ocotea sp. (posible Ocotea whitei Woodson vel sp. aff.)
C623	Caryocaraceae	Caryocar glabrum (Aubl.) Pers.
E209	Rhizophoraceae	Sterigmapetalum obovatum Kuhlms.
E83	Rhizophoraceae	Sterigmapetalum obovatum Kuhlms.
D207	Rhizophoraceae	Sterigmapetalum obovatum Kuhlms.
D209	Rhizophoraceae	Sterigmapetalum obovatum Kuhlms.
D206	Lauraceae	Ocotea sp. (posible Ocotea floribunda (Sw.) Mez vel sp. aff.)
D203	Lauraceae	Nectandra sp. (posible Nectandra pearcei Mez vel sp. aff.)
C620	Moraceae	Ficus sp.
D369	Lauraceae	Licaria cannella (Meisn.) Kosterm.
D371	Lauraceae	Ocotea sp. (posible Ocotea whitei Woodson vel sp. aff.)
E69	Myristicaceae	Otoba glycyarpa (Ducke) W.A. Rodrigues & T.S. Jaram.
E66	Lauraceae	Aiouea montana (Sw.) R. Rohde
C606	Lauraceae	Aiouea montana (Sw.) R. Rohde
C607	Moraceae	Brosimum utile (Kunth) Oken
C608	Lauraceae	Nectandra reticulata (Ruiz & Pav.) Mez
E409	Lauraceae	Ocotea aciphylla (Nees & Mart.) Mez
E411	Moraceae	Brosimum utile (Kunth) Oken
D593	Lauraceae	Ocotea sp. (posible Ocotea whitei Woodson vel sp. aff.)
D585	Caryocaraceae	Caryocar glabrum (Aubl.) Pers.

Tercer envío

Código	FAMILIA	NON-CIENTIFICO
9104	Moraceae	Brosimum alicastrum Sw.
10166	Meliaceae	Cedrela angustifolia Sessé & Moc. ex DC.
5793	Moraceae	Poulsenia armata (Miq.) Standl.
5792	Burseraceae	Dacryodes nitens Cuatrec.
5791	Moraceae	Brosimum alicastrum Sw.



Cuarto envío

Código	FAMILIA	NON-CIENTIFICO
UP01	Rhizophoraceae	Sterigmapetalum obovatum Kuhlms. Vel sp aff.
UP03	Meliaceae	Cedrela odorata L.
UP04	Lecythidaceae	Eschweilera coriacea (DC.) S.A. Mori
UP05	Lauraceae	Endlicheria sp.
UP06	Meliaceae	Cedrela odorata L.
PA01	Combretaceae	Terminalia oblonga (Ruiz & Pav.) Steud.
PA02	Moraceae	Brosimum alicastrum subsp. bolivarense (Pittier) C.C. Berg
PA03	Malvaceae	Matisia cordata Bonpl.
PA04	Meliaceae	Cedrela odorata L.
PA05	Lauraceae	Endlicheria griseosericea Chanderb.

JARDÍN BOTÁNICO DE MISSOURI

PA06	Malvaceae	Matisia cordata Bonpl.
PA07	Combretaceae	Terminalia oblonga (Ruiz & Pav.) Steud.
NE01	Fabaceae	Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke
NE02	Fabaceae	Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke
NE03	Fabaceae	Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke
NE04	Fabaceae	Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke
NE05	Fabaceae	Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke
NE06	Fabaceae	Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke

Se expide la presente para los fines que considere convenientes.

Oxapampa 10 diciembre 2021

Ing. Rodolfo Vásquez Martínez



Figura 32. Constancia de la identificación botánica del género *Ocotea* y *Aniba*

Anexo 4
Fotografías



Figura 33. Recolección de rodajas y hojas de los árboles en el bosque de la comunidad nativa de Tres Unidos de Matereni



Figura 34. Lijado y obtención de radios de las rodajas de madera



Figura 35. Corte de cubos de madera para la descripción macroscópica y microscópica

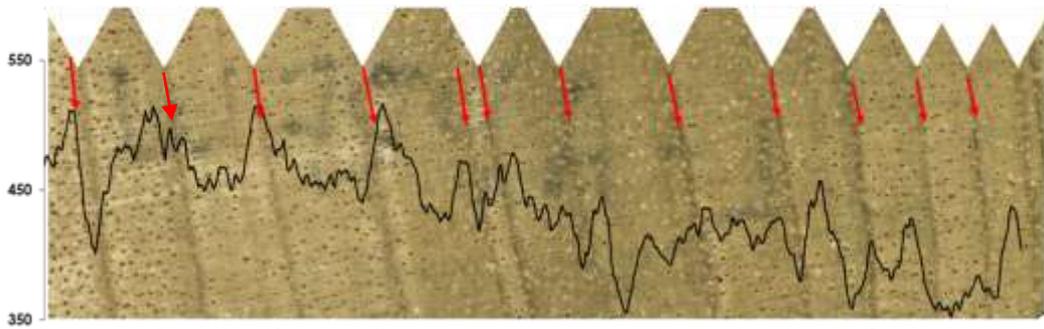


Figura 36. Delimitación de anillos de crecimiento mediante densitometría de rayos X.



Figura 37. Fechado y cofechado de las muestras de madera



Figura 38. Preparación de muestras para medir las características cuantitativas de vasos.

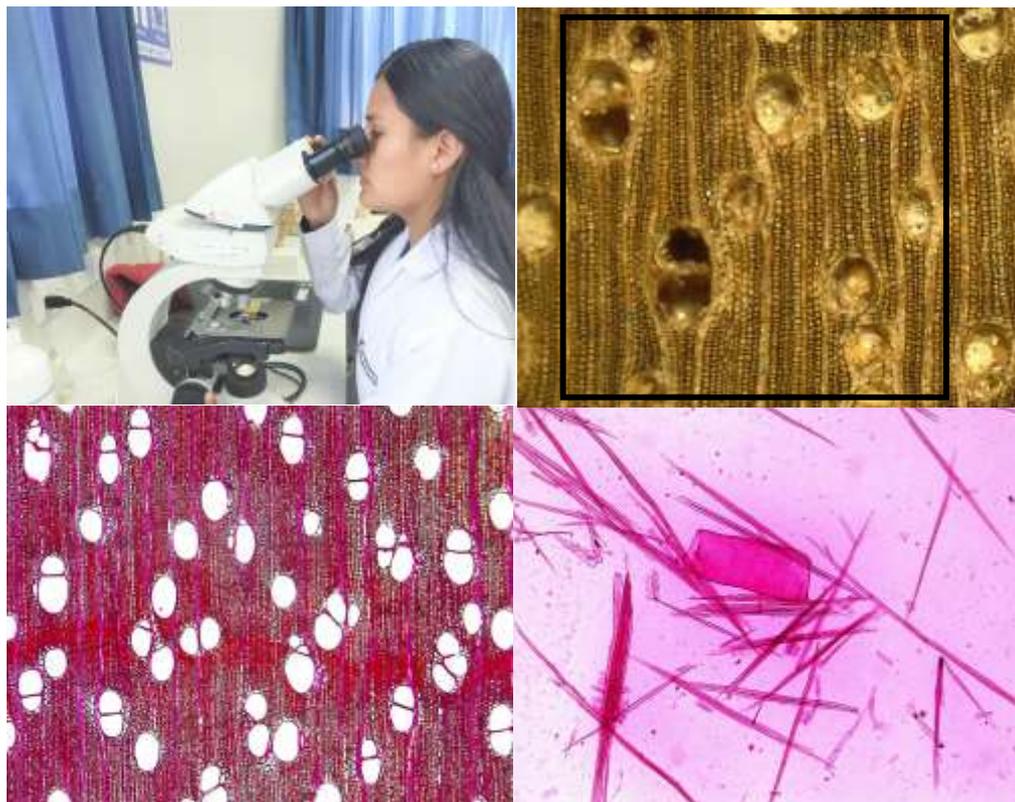


Figura 39. Características anatómicas cuantitativas: diámetro tangencial, longitud y frecuencia de vasos

Anexo 5

Tablas

Tabla 8: Valores extremos de temperatura mínima (percentil 75 y 25).

N°	VALORES EXTREMOS DE TEMPERATURA MÍNIMA			
	percentil 75=1.12		percentil 25=0.81	
1	2008	0.634	1998	0.716
2	2009	1.142	2003	0.664
3	2012	1.477	2014	0.66
4	2013	1.296	2008	0.634
5	2015	1.416	2016	0.762
6	2016	0.762	2019	0.762

Tabla 9. Valores extremos para precipitación.

N°	VALORES EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN			
	percentil 75=1.13075		percentil 25=0.767	
1	1996	1.266	2003	0.594
2	1997	1.186	2008	0.617
3	2007	1.269	2014	0.644
4	2012	1.52		
5	2013	1.222		
6	2015	1.464		

Tabla 10. Prueba ANOVA de un factor para diámetro tangencial de vaso

Fuentes	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Entre grupos	5058.312138	2	2529.1561		
Dentro de grupos	1218379.97	1797	678.00777	3.7302759	0.0241722
Total	1223438.282	1799	680.06575		

Tabla 11. Prueba Tuckey para diámetro tangencial de vaso

Grupo 1	Grupo 2	Media	Std err	q-stat	p-valor
Anillo Ancho (2007)	Anillo Control (2012)	3.3378358	1.0630207	3.1399538	0.0680606
Anillo Ancho (2007)	Anillo Estrecho (2014)	0.4022942	1.0630207	0.3784443	0.9612951
Anillo Control (2012)	Anillo Estrecho (2014)	3.74013	1.0630207	3.5183981	0.0345555

Tabla 12. Prueba ANOVA de un factor para longitud de vaso

Fuentes	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Entre grupos	1918.2594	2	959.1297	0.1069627	0.8985822
Dentro de grupos	4008228.3	447	8966.9537		
Total	4010146.6	449	8931.2841		

Tabla 13. Prueba ANOVA de un factor para frecuencia de vaso

Fuentes	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Entre grupos	45.63333333	2	22.816667	7.5721834	0.0005714
Dentro de Grupo	1618.1	537	3.0132216		
Total	1663.733333	539	3.0867038		

Tabla 14. Prueba Tuckey para frecuencia de vaso

Grupo 1	Grupo 2	Media	Std err	q-stat	p-valor
Anillo Ancho (2007)	Anillo Control (2012)	0.1166667	0.1293836	0.9017113	0.7994329
Anillo Ancho (2007)	Anillo Estrecho (2014)	0.6666667	0.1293836	5.1526359	0.0008604
Anillo Control (2012)	Anillo Estrecho (2014)	0.55	0.1293836	4.2509246	0.0077951

Tabla 15. Datos de precipitación total mensual (mm) de la estación meteorológica de Satipo, SENAMHI

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1991	429.6	305.6	344.6	321.4	50.8	69.4	16	8.8	108.8	163.2	198.3	202.6
1992	239.8	318.4	444.2	130.4	83	269.2	70.6	377.8	235.6	151.2	193.6	251.2
1993	439.2	499.8	500	260.6	155.8	120.6	99.6	296.2	155.8	225.4	195.9	453.4
1994	646.4	565	537.4	239.6	128.6	19.6	22.4	49	168.3	347.2	205.6	221
1995	488.8	204.6	408.4	97.6	78.2	55.4	55.2	54.2	107.4	150.8	234.4	142.2
1996	954.9	751.9	472.4	463.5	132.7	241.1	67.3	157.6	17.8	59	50.3	88.1
1997	131.4	86	62.9	25.1	49.9	41.6	53	137.2	128.5	134.9	174.4	195.3
1998	231.7	306.2	210.2	137.4	27.2	47.3	6.1	81.4	183.7	338.9	184.6	240.7
1999	294.3	397.7	246.5	107.8	69.6	21.3	22.6	64.3	167.9	134.7	123.2	384.4
2000	273.7	216	278.1	101.1	108.9	49.6	40.5	112.7	89	100.2	206.9	160.3
2001	252	253.5	305.5	121.2	50.5	14.7	90.8	74	158	179.2	120.9	325
2002	160	296.4	191	82.4	105.4	5.1	156.1	116.7	135.4	224.2	158.5	283
2003	295.3	133.5	327.1	70.4	82.4	176.8	94.1	91	151.1	92.1	169.9	195.2
2004	286.3	313.4	141.1	87.6	96.8	39.5	140.5	138.4	69.3	176.2	321	139.2
2005	117.5	185.5	248.7	182.4	22.4	22.4	71	81.9	61.2	218.7	200.1	279.6
2006	237.8	180.5	84.8	85.9	41.8	117.4	27	77.1	101	354.7	208.6	301

2007	192.6	131.1	210.4	69.5	89.9	67.5	72.3	97	73.1	175.6	99	299.7
2008	304.6	349.6	161.9	246	88.2	33.1	76	55.3	81.8	190.9	100.7	162.7
2009	264.7	253.4	176.4	84.3	127.1	76.4	87.7	25.6	97.1	186.7	200.2	266.2
2010	419.1	282.6	175.2	80.3	49.9	112.4	50.1	52.2	31.3	129.8	158	301.5
2011	235.7	309	63.6	228.7	156.7	39	100.2	74.6	98.7	239.3	143.4	216.9
2012	244.3	446	265.1	169.4	74.3	46.8	21.3	29.6	41.3	111.1	198.5	437.1
2013	145.1	334.6	226.1	39.7	26.7	114.1	17.7	150.3	65.6	150.4	112.5	214.9
2014	339.4	220.6	251.2	122.8	95	63.8	92.7	37.3	128.5	87.3	149.6	242
2015	309.5	260.7	249.7	140.6	140.2	31.6	33	83.2	165.3	152.5	246.9	177.1
2016	95.4	275.3	145.4	49.1	5.8	40	44.4	89.7	58.8	156.9	94.1	297.1
2017	294.5	177.8	212.5	171	198	102.5	14.9	89.8	183.9	185.9	149.8	256.9
2018	315.8	247.1	117.9	96.2	59.8	91.9	58	107.8	65.6	169.1	223.8	238.6
2019	318.8	226.8	231.4	90.2	100.2	36.4	138.7	6.5	43.9	180.3	208.5	244.7
2020	268.1	265.1	153.8	234.9	107.2	100.3	7.9	69.9	66.7	96.4	43.1	192.4
2021	208.3	203	144.1	120.3	57.6	53.8	40.6	26.5	66.2	141	282.4	301.8
2022	306.7											

Tabla 16. Datos de temperatura mínima (°C) de la estación meteorológica de Satipo, SENAMHI

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
1996	24.32	24.34	24.67	24.36	23.66	22.85	22.35	23.85	24.54	25.05	25.06	24.21
1997	23.85	24.04	24.35	24.13	23.92	23.28	24.19	22.92	24.73	24.58	24.93	24.60
1998	25.12	24.89	24.91	24.49	23.57	22.78	23.78	24.30	24.67	23.86	23.72	24.54
1999	23.20	23.59	22.92	22.93	22.36	22.67	22.85	23.02	23.34	22.87	22.22	22.90
2000	22.90	23.25	23.25	23.10	23.24	23.41	21.80	22.56	22.84	22.90	24.44	23.78
2001	23.21	23.00	23.29	23.02	23.03	22.57	22.98	23.43	23.61	24.31	24.35	24.38
2002	24.02	23.48	23.96	24.00	23.10	22.69	22.51	22.81	22.93	23.72	23.92	24.20
2003	24.42	24.38	23.90	23.74	23.63	23.47	23.16	22.75	23.50	24.93	24.18	23.62
2004	23.77	23.43	24.58	24.04	22.93	22.15	22.63	22.67	22.43	23.92	23.82	24.04
2005	23.86	23.84	23.53	23.91	23.84	24.11	23.30	23.16	23.03	23.23	23.45	23.50
2006	23.83	23.52	23.55	23.58	23.00	23.40	23.23	23.27	23.52	23.83	24.17	23.78
2007	23.99	23.70	23.84	23.68	23.36	23.36	23.24	23.61	23.40	23.46	22.97	23.58
2008	23.41	23.45	23.42	23.13	23.04	22.93	23.13	23.28	23.10	23.10	23.39	23.19
2009	22.70	22.86	23.25	23.14	23.13	22.63	22.53	22.93	22.97	23.21	23.28	23.07
2010	22.79	22.99	23.07	23.34	23.02	22.73	21.88	22.84	22.94	22.92	22.80	22.67
2011	22.55	22.32	22.70	22.48	22.11	22.36	22.22	23.91	22.64	23.53	23.62	23.42

2012	22.54	22.46	22.30	22.54	22.47	22.34	23.28	23.05	22.87	22.65	22.54	21.94
2013	22.33	22.79	22.06	22.76	23.12	22.88	22.15	23.33	23.89	23.92	23.94	23.58
2014	23.50	23.76	23.54	23.62	23.21	23.12	22.61	22.81	23.10	23.02	23.51	23.61
2015	23.72	23.62	23.83	23.39	23.18	22.72	22.84	23.68	23.72	23.64	24.47	23.98
2016	25.15	24.32	24.63	23.96	24.43	22.83	23.70	25.03	24.09	23.59	24.99	24.29
2017	23.90	23.67	23.62	23.59	23.67	22.86	22.21	24.48	24.16	24.50	25.04	24.44
2018	23.67	23.87	23.99	23.85	23.27	22.22	23.19	23.01	24.34	24.41	24.68	24.14
2019	24.70	24.22	24.52	24.23	23.85	23.46	23.44	23.94	24.79	24.41	24.76	24.36
2020	24.66	24.68	24.77	24.08	23.53	23.08	23.78	24.77	24.35	24.21	24.84	24.12
2021	24.03	23.97	23.71	23.81	23.38	22.89	23.45	24.54	23.89	24.89	24.01	24.34
2022	24.36											

Tabla 17. Datos de temperatura máxima (°C) de la estación meteorológica de Satipo, SENAMHI

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1995	32.82	34.14	32.86	33.71	32.25	33.36	32.92	33.57	33.56	33.90	34.03	34.16
1996	30.61	31.94	31.37	30.62	31.83	30.89	30.95	31.09	33.78	33.44	32.91	31.33
1997	30.81	29.54	31.39	32.47	31.18	29.86	31.01	28.29	29.95	30.38	30.17	28.74
1998	29.23	29.45	29.46	29.67	30.06	29.39	30.38	30.40	30.46	29.19	28.60	28.37
1999	27.38	27.71	27.17	27.79	27.53	28.58	28.23	29.68	29.68	28.95	28.85	27.80
2000	27.23	27.40	27.73	28.35	29.12	28.51	28.33	29.20	29.24	29.66	29.95	28.95
2001	26.98	26.99	27.62	29.23	29.02	28.61	29.39	30.15	30.61	30.86	29.89	29.85
2002	29.23	27.85	28.35	29.90	29.33	29.24	28.41	29.77	29.06	30.15	28.57	28.31
2003	28.89	28.69	28.93	28.96	29.19	29.69	28.47	28.55	30.24	30.92	30.64	28.88
2004	30.11	28.59	28.99	29.91	27.90	28.00	27.42	27.65	28.50	29.72	29.54	28.91
2005	29.19	28.94	28.88	29.61	30.08	30.17	29.81	29.95	30.40	30.56	30.80	29.27
2006	28.70	28.70	29.77	29.60	29.36	29.46	29.59	30.53	30.45	29.94	29.47	29.08
2007	29.30	28.75	28.90	29.96	29.01	30.23	29.13	29.32	29.97	29.78	29.32	28.35
2008	27.86	29.04	29.53	29.87	29.02	28.80	29.92	29.95	30.54	30.10	30.61	28.73
2009	28.39	28.34	29.16	29.56	29.63	28.86	29.27	30.82	31.48	31.78	30.81	28.64
2010	29.32	29.99	29.93	31.19	31.40	30.92	29.54	31.59	32.81	33.67	33.05	29.67

2011	29.49	27.83	30.37	30.67	28.85	29.43	29.89	33.72	31.61	32.04	32.73	30.47
2012	28.35	27.94	29.40	29.69	28.81	28.57	30.05	29.43	30.45	30.12	29.02	27.09
2013	29.01	29.64	28.41	29.84	29.66	28.79	29.21	29.75	31.36	29.61	30.29	28.97
2014	27.98	28.24	28.93	29.69	29.48	29.70	28.88	30.51	30.44	30.66	31.05	28.85
2015	28.85	28.81	29.04	29.06	29.40	29.44	30.44	31.88	30.85	31.23	30.44	29.24
2016	30.81	29.34	29.82	30.73	31.55	29.31	31.46	32.00	31.02	30.69	31.62	29.30
2017	29.10	28.52	29.00	29.12	29.41	28.99	29.05	30.92	30.02	31.56	30.55	29.23
2018	28.66	28.72	29.15	29.92	29.70	28.35	29.68	29.42	32.01	30.81	30.41	28.82
2019	29.17	28.37	29.93	29.82	29.50	30.01	28.97	30.82	31.11	30.40	31.15	28.92
2020	29.97	28.58	30.64	29.60	29.67	29.24	30.33	30.78	31.19	31.64	32.60	28.92
2021	29.37	29.76	30.02	30.52	30.31	29.76	30.51	31.60	31.98	32.78	28.85	30.19
2022	30.08											