

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Influencia climática en la anatomía de la madera de  
*Juglans neotropica* en un bosque de montaña  
montano, Chanchamayo - Perú**

Arturo Enrique Vizarreta Alvarez Calderon

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo de investigación no hubiera sido posible sin la oportunidad brindada por parte de la Dirección de Investigación de la Universidad Continental (UC) en convenio con el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), a los cuales expreso mi agradecimiento por conceder una beca para el financiamiento y ejecución de la tesis, así como las facilidades para su desarrollo en el laboratorio de dendrocronología, dentro de los objetivos del proyecto N°039-2019-FONDECYT “El Monzón de América del Sur en los Andes Centrales: registros del pasado para anticipar el futuro hidrológico regional”, adicionalmente hago un reconocimiento por promover la participación de la comunidad universitaria para el desarrollo de la ciencia e investigación científica.

Para mis familiares y allegados me dirijo:

A mi asesor de investigación: Dr. Sc. Ernesto Chanes Rodríguez Ramírez por su tiempo dedicado, paciencia y conocimientos brindados para la elaboración y culminación de la tesis.

Al Ing. Jimmy Requena Rojas por su confianza y dirección en el equipo de investigación del laboratorio de dendrocronología.

A mis padres: Pablo Arturo y Rosana María, quienes fueron mi soporte, motivación y apoyo durante mi educación a pesar de las adversidades que se presentaron.

A mis hermanos: Jimena, Daniel y Valentina, por la razón de que logren sus aspiraciones al verlos profesionalmente realizados.

A mis colegas coinvestigadores y tesistas del laboratorio de dendrocronología por atender mis consultas, aclarar dudas y darme sus sugerencias durante el transcurso de la investigación.

A mis amigos cercanos por sus buenos deseos y consejos para mi superación profesional.

A todos ustedes, con mis sinceras palabras

## **DEDICATORIA**

*A mi madre por su esfuerzo y amor invaluable, me ha proporcionado su apoyo incondicional para mi desarrollo profesional.*

# ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>viii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 Planteamiento y formulación del problema</b> .....	<b>12</b>
1.1.1 Planteamiento del problema.....	12
1.1.2 Formulación del problema.....	13
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>14</b>
1.2.1 Objetivo general .....	14
1.2.2 Objetivos específicos .....	14
<b>1.3 Justificación</b> .....	<b>14</b>
1.3.1 Justificación teórica .....	14
1.3.2 Justificación ambiental .....	15
1.3.3 Justificación económica .....	15
1.3.4 Justificación social .....	15
<b>1.4 Hipótesis</b> .....	<b>15</b>
1.4.1 Hipótesis general .....	15
1.4.2 Hipótesis estadísticas .....	16
1.4.3 Hipótesis específicas .....	16
<b>1.5 Variables y definición operacional</b> .....	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1 Antecedentes</b> .....	<b>18</b>
2.1.1 Contexto internacional.....	18
2.1.2 Contexto nacional .....	21
<b>2.2 Bases teóricas</b> .....	<b>24</b>
2.2.1 Dendrocronología.....	24
2.2.2 Dendroclimatología .....	28
2.2.3 Dendroecología.....	29
2.2.4 Anatomía de la madera .....	29
2.2.5 Bosque de montaña montano del Perú .....	32
2.2.6 Variabilidad climática .....	33
2.2.7 <i>Juglans neotropica</i> Diels .....	35
<b>2.3 Definición de términos básicos</b> .....	<b>37</b>

<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 Métodos y alcances .....</b>	<b>39</b>
3.1.1 Método general .....	39
3.1.2 Método específico .....	39
3.1.3 Alcances .....	40
<b>3.2 Diseño.....</b>	<b>40</b>
3.2.1 Tipo de diseño .....	40
<b>3.3 Población y muestra.....</b>	<b>40</b>
3.3.1 Población .....	40
3.3.2 Muestra.....	44
<b>3.4 Instrumentos, técnicas y análisis de datos.....</b>	<b>45</b>
3.4.1 Equipos y materiales .....	45
3.4.2 Evaluación anillos de crecimiento - variables climáticas.....	46
3.4.3 Evaluación caracteres anatómicos de los vasos - sequías.....	49
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>	<b>53</b>
<b>4.1 Anillos de crecimiento - variables climáticas .....</b>	<b>53</b>
4.1.1 Fechado.....	53
4.1.2 Cofechado.....	54
4.1.3 Cronología maestra.....	55
4.1.4 Correlaciones cronología maestra - variables climáticas.....	58
<b>4.2 Caracteres anatomicos de los vasos - sequías .....</b>	<b>60</b>
4.2.1 Eventos históricos de sequía y no sequía .....	60
4.2.2 Caracteres anatómicos de los vasos - intensidad de sequías .....	63
<b>4.3 Discusión de resultados.....</b>	<b>64</b>
4.3.1 Construcción de cronología maestra .....	64
4.3.2 Anillos de crecimiento - variables climáticas.....	65
4.3.3 Eventos históricos de sequía y no sequía .....	67
4.3.4 Caracteres anatómicos de los vasos - intensidad de sequías .....	68
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°1.</b> Variables y definición operacional.....	17
<b>Tabla N°2.</b> Estadísticos para análisis dendrocronológico .....	26
<b>Tabla N°3.</b> Programas informáticos para análisis dendrocronológico .....	27
<b>Tabla N°4.</b> Coordenadas UTM de las muestras.....	44
<b>Tabla N°5.</b> Equipos y materiales de campo .....	45
<b>Tabla N°6.</b> Equipos y materiales de laboratorio .....	45
<b>Tabla N°7.</b> Programas informáticos de laboratorio .....	46
<b>Tabla N°8.</b> Eventos históricos de sequía .....	49
<b>Tabla N°9.</b> Fechado de las muestras.....	54
<b>Tabla N°10.</b> Resultados COFECHA .....	55
<b>Tabla N°11.</b> Correlación temperatura promedio - cronología .....	58
<b>Tabla N°12.</b> Correlación temperatura máxima - cronología .....	58
<b>Tabla N°13.</b> Correlación temperatura mínima - cronología .....	58
<b>Tabla N°14.</b> Correlación precipitación - cronología.....	58
<b>Tabla N°15.</b> Muestras aleatorias para evaluación de vasos.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°1.</b> Crecimiento agregado de árboles.....	25
<b>Figura N°2.</b> Partes del tronco (xilema y floema) .....	30
<b>Figura N°3.</b> Porosidad de vasos.....	31
<b>Figura N°4.</b> Agrupación de poros .....	32
<b>Figura N°5.</b> Esquema del efecto invernadero (cambio climático) .....	34
<b>Figura N°6.</b> Anomalía de la temperatura superficial del mar - ENSO .....	35
<b>Figura N°7.</b> Ilustración de hojas, flor y fruto de <i>Juglans neotropica</i> .....	37
<b>Figura N°8.</b> Procedimiento específico de la investigación .....	39
<b>Figura N°9.</b> Mapa de ubicación geográfica del lugar de muestreo .....	41
<b>Figura N°10.</b> Temperatura media mensual (1980 - 2019) .....	43
<b>Figura N°11.</b> Precipitación media mensual (1980 - 2018) .....	43
<b>Figura N°12.</b> Medición del ancho de anillos .....	47
<b>Figura N°13.</b> Años de sequía y no sequía.....	50
<b>Figura N°14.</b> Digitalización de los poros.....	50
<b>Figura N°15.</b> Medición de los poros .....	51
<b>Figura N°16.</b> Anillos de crecimiento de <i>Juglans neotropica</i> .....	53
<b>Figura N°17.</b> Mediciones de los anillos de crecimiento (mm/año) .....	54
<b>Figura N°18.</b> Cronología maestra.....	56
<b>Figura N°19.</b> Estadísticos - EPS/Rbar.....	57
<b>Figura N°20.</b> Correlaciones cronología maestra - variables climáticas .....	59
<b>Figura N°21.</b> Vasos del xilema de <i>Juglans neotropica</i> .....	61
<b>Figura N°22.</b> Prueba post-hoc de Tukey - $D_H$ .....	61
<b>Figura N°23.</b> Prueba post-hoc de Tukey - $V_G$ .....	62
<b>Figura N°24.</b> Prueba post-hoc de Tukey - $V_S$ .....	62
<b>Figura N°25.</b> Caracteres anatómicos de los vasos - intensidad de sequías .....	63



## RESUMEN

El cambio climático ha elevado la tasa de mortalidad de los árboles tropicales, disminuyendo la capacidad de la supervivencia, evidenciado en la anatomía de su madera. En ese sentido, los objetivos de la investigación fueron determinar la influencia de las variables climáticas (temperatura y precipitación) en los anillos de crecimiento y el efecto de los eventos históricos de sequía en los caracteres anatómicos de los vasos (diámetro hidráulico  $D_H$ , índice de vasos agrupados  $V_G$  e índice de vasos solitarios  $V_S$ ) del xilema de *Juglans neotropica* para el período 1980 - 2019 en un bosque de montaña montano, ubicado en la Selva Central del Perú, distrito de Perené, provincia Chanchamayo, región Junín. Se recolectaron 26 muestras con barreno para análisis dendroclimatológico, de las cuales, se seleccionaron seis aleatoriamente para análisis dendroecológico. Se llevó a cabo correlaciones de Pearson entre la cronología del crecimiento radial con las variables climáticas. Asimismo, se evaluó los caracteres anatómicos de los vasos con pruebas post-hoc de Tukey en años de sequía. Los resultados demuestran que la temperatura influyó significativamente ( $p < 0.05$ ) durante el invierno y la primavera, mientras la precipitación no influyó en el crecimiento de anillos. Por otro lado, se determinó que la intensidad extrema y moderada de las sequías tuvieron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en el  $V_G$  e  $V_S$  respectivamente, sin embargo, no se presentaron diferencias para el  $D_H$  y con los años sin sequía. Los análisis demuestran la respuesta climática de *Juglans neotropica* y permiten comprender las estrategias de adaptación ante el déficit hídrico.

**Palabras clave:** dendrocronología, anillos de crecimiento, vasos, cambio climático, sequías.

## ABSTRACT

Climate change has raised the mortality rate of tropical trees, decreasing their ability to survive, evidenced in the anatomy of their wood. In this sense, the objectives of the research were to determine the influence of climatic variables (temperature and precipitation) on the growth rings and the effect of historical drought events on the anatomical characters of the vessels (hydraulic diameter  $D_H$ , index of grouped vessels  $V_G$  and index of solitary vessels  $V_S$ ) of the xylem of *Juglans neotropica* for the period 1980 - 2019 in a montane mountain forest, located in the Central Jungle of Peru, Perene district, Chanchamayo province, Junin region. 26 samples were collected with a borehole for dendroclimatological analysis, of which six were randomly selected for dendroecological analysis. Pearson correlations were carried out between the chronology of radial growth with the climatic variables. Likewise, the anatomical characters of the vessels were evaluated with Tukey's post-hoc tests in dry years. The results showed that temperature had a significant influence ( $p < 0.05$ ) during winter and spring, while precipitation did not influence ring growth. On the other hand, it will be prolonged that the extreme and moderate intensity of the droughts will have a significant effect ( $p < 0.05$ ) on the  $V_G$  and  $V_S$  respectively, however, there were no differences for the  $D_H$  and with the years without drought. The analyzes demonstrate the climatic response of *Juglans neotropica* and allow us to understand the adaptation strategies in the face of water deficit.

**Keywords:** dendrochronology, growth rings, vessels, climate change, droughts.

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de la Amazonía albergan la mayor diversidad biológica de flora y fauna en el mundo; no obstante, son vulnerables a los efectos del cambio climático (CC) debido a la alta sensibilidad a fenómenos meteorológicos extremos (1). Los bosques amazónicos cumplen un papel importante al almacenar reservas de carbono y brindar servicios ecosistémicos. De acuerdo a la clasificación climática de Köppen (2), el clima tropical “A” se caracteriza por ser húmedo y lluvioso durante toda la época del año, incluso la precipitación anual supera la evapotranspiración. Sin embargo, eventos climáticos específicos como el monzón de América del Sur influyen directamente en el ciclo anual del clima en regiones tropicales, debido a la convección de corrientes de viento a causa de la elevación de los Andes centrales, modificando la reversión de estaciones de veranos secos en inviernos lluviosos (3). Asimismo, los efectos interanuales estarían relacionados a la Oscilación del Sur El Niño (ENSO; por sus siglas en inglés) como modulador de la variabilidad climática en ciertos bosques tropicales (4).

Por otra parte, la contaminación del aire por emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), han influido directamente en el calentamiento global, la atmósfera y los océanos han elevado su temperatura, los volúmenes de hielo se han reducido, sequías en zonas húmedas y la pérdida de cobertura vegetal en los bosques (5), estas consecuencias están relacionadas con especies arbóreas tropicales y subtropicales que son sensibles a las variaciones climáticas locales y regionales (1).

La ocurrencia de sequías severas y la deforestación han tenido efecto directo en la resiliencia de las comunidades forestales ante variaciones climáticas específicas, donde se ha observado adaptaciones anatómicas al déficit hídrico (6). Mientras otras superan su resiliencia hasta llegar a una muerte prematura, lo cual afecta directamente en la cobertura vegetal de muchos países amazónicos y a la vez agrava el balance hídrico contribuyendo a las sequías (7).

En la actualidad, los estudios dendroclimatológicos y dendroecológicos contribuyen en comprender mediante características anatómicas de la madera, la variabilidad climática durante extensos períodos de años (8). Por tal motivo, la hipótesis general de la presente investigación se basó en que existe relación significativa entre el clima con la anatomía de la madera de *Juglans neotropica* (8, 9).

El objetivo general fue determinar la influencia del clima en la anatomía de la madera de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano (Bm-mo) de la Selva Central del Perú, por otra parte, los objetivos específicos fueron:

- a) Estimar la influencia de las variables climáticas (temperatura y precipitación) en los anillos de crecimiento de *Juglans neotropica*.
- b) Evaluar el efecto de las sequías y su intensidad en los caracteres anatómicos de los vasos (CAV), (diámetro hidráulico  $D_H$ , índice de vasos agrupados  $V_G$  e índice de vasos solitarios  $V_S$ ) de *Juglans neotropica*.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO**

### **1.1 Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

Las actuales variaciones climáticas, como las sequías, han aumentado en intensidad y frecuencia a niveles no registrados globalmente, los cuales han tenido impactos significativos en los ecosistemas (5). No obstante, la pérdida de cobertura vegetal se debe principalmente a las actividades antrópicas que han afectado a las zonas forestales (10).

Existen índices de probabilidad en donde las oscilaciones climáticas podrían influir significativamente en la degradación de bosques tropicales que se pueden adecuar a eventos relacionados a la sequía, pero cada vez reducen su capacidad de retener menos carbono (11). El clima es afectado a gran escala por variaciones climáticas, lo que se ha evidenciado en la capacidad de adaptación ante dichos fenómenos en comunidades forestales de Sudamérica (12). De este modo, la productividad y regeneración de los bosques se está reduciendo, impactando directa y/o indirectamente en la mortalidad de los árboles (13).

Estos efectos han llevado cambios en la dinámica forestal a nivel anatómico y funcional en ciertos rasgos de la madera de los árboles, la madera presenta mecanismos de adaptación a la variabilidad climática incluyendo las sequías (14), es así que los CAV pueden proporcionar una mejor información de la respuesta al efecto de las anomalías climáticas debido a su alta sensibilidad, por otra parte la velocidad del crecimiento de

anillos está limitada por ciertas variables climáticas como la temperatura y la precipitación por poseer una amplia replicación del clima, estos rasgos permiten entender la respuesta y estrategias de adaptación de los árboles a la variabilidad climática en los bosques (15).

En particular, los Bm-mo de los Andes centrales o en algunas regiones conocidas como yungas del Perú, se caracterizan por presentar una topografía con pendientes pronunciadas, alta humedad durante todo el año y presentan comunidades complejas de diversidad, los cuales se caracterizan por poseer alta riqueza de plantas, hongos y animales endémicos (11, 16).

Debido a las características específicas de los Bm-mo, los hacen vulnerables a las variaciones climáticas por la dependencia a la humedad, los eventos extremos de sequía pueden afectar significativamente el delicado equilibrio ecológico para este tipo de comunidades vegetales (17). Los Bm-mo se distribuyen en un ecotono andino - amazónico, donde existen regiones específicas que es complicado identificar la delimitación de sus ecosistemas debido a la transición de la estructura y composición vegetal a la sierra (18). La ecorregión Yunga se encuentra en situación de amenaza por la extracción de recursos maderables con alto valor económico y por el crecimiento urbano y agrícola (16).

Particularmente, una especie arbórea que conforma la estructura de los Bm-mo, es *Juglans neotropica*, el cual es altamentepreciado por la calidad de su madera, es por eso que, por la extracción excesiva de recursos maderables ha reducido su distribución geográfica y se encuentra clasificado “en peligro” (EN A2cd) de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) (19).

## **1.1.2 Formulación del problema**

### **1.1.2.1 Problema general**

¿Cómo influye el clima en la anatomía de la madera de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú?

### 1.1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo influyen las variables climáticas (temperatura y precipitación) en los anillos de crecimiento de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú?
- b) ¿Cuál es el efecto de las sequías y su intensidad en los caracteres anatómicos de los vasos (diámetro hidráulico  $D_H$ , índice de vasos agrupados  $V_G$  e índice de vasos solitarios  $V_S$ ) de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú?

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Determinar la influencia del clima en la anatomía de la madera de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Estimar la influencia de las variables climáticas (temperatura y precipitación) en los anillos de crecimiento de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.
- b) Evaluar el efecto de las sequías y su intensidad en los caracteres anatómicos de los vasos (diámetro hidráulico  $D_H$ , índice de vasos agrupados  $V_G$  e índice de vasos solitarios  $V_S$ ) de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.

## 1.3 Justificación

### 1.3.1 Justificación teórica

Las especies arbóreas presentan distinta sensibilidad climática que se puede observar en el crecimiento radial; asimismo, factores abióticos como la precipitación, temperatura o las sequías, pueden influir directa o indirectamente en los árboles y verse reflejado en la arquitectura de la madera (14, 15).

Los anillos y vasos del xilema registran información de cómo el clima ha influido en su crecimiento o formación durante años específicos (8, 20). *Juglans neotropica* es una especie potencial para estudios climáticos por su sensibilidad anatómica de la madera (9).

### **1.3.2 Justificación ambiental**

La importancia ambiental parte de la comprensión del papel fundamental de los árboles para retener el carbono atmosférico, como moduladores de la temperatura global, afectados por el CC (18), por lo que es necesario llevar a cabo planes para su conservación. Los Bm-mo del Perú se encuentran en constante alteración por la erosión de suelos causados por la tala, incendios y sequías (16).

Asimismo, la adaptación de *Juglans neotropica*, a través de su adaptación anatómica de la madera, podría ser un referente natural para evaluar el impacto climático que afecta a la especie y que pueda extrapolarse a otras especies tropicales.

### **1.3.3 Justificación económica**

La dendrocronología es una alternativa económica viable que brinda información climatológica relevante con bajo costo para su aplicación (17). Adicional a esto, la madera de *Juglans neotropica* es una de la más costosas del mundo ya que contiene sustancias activas y es utilizada en el sector textil, medicinal y alimentario (22, 23).

### **1.3.4 Justificación social**

Los árboles que componen un Bm-mo presentan alta sensibilidad a factores climáticos, en tal sentido pueden desarrollarse políticas públicas en la sociedad frente al CC y ser utilizados con fines relevantes para la planificación socioeconómica y territorial, manteniendo la protección y el uso sostenible del recurso maderable (1, 11).

Estudios de la madera de *Juglans neotropica*, pueden ofrecer alcances que promuevan propuestas de manejo silvicultural y mejoramiento genético de la especie con el fin de restaurar ecosistemas degradados (24).

## **1.4 Hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis general**

Existe relación significativa entre el clima con la anatomía de la madera de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.



## **1.4.2 Hipótesis estadísticas**

### **1.4.2.1 Hipótesis alterna**

El clima influye significativamente en la anatomía de la madera de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.

### **1.4.2.2 Hipótesis nula**

El clima no influye en la anatomía de la madera de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.

## **1.4.3 Hipótesis específicas**

**a)** Las variables climáticas (temperatura y precipitación) influyen significativamente en los anillos de crecimiento de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.

**b)** Las sequías y su intensidad presentan efecto significativo en los caracteres anatómicos de los vasos (diámetro hidráulico  $D_H$ , índice de vasos agrupados  $V_G$  e índice de vasos solitarios  $V_S$ ) de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.

### **1.4.3.1 Hipótesis específicas nulas**

**a)** Las variables climáticas (temperatura y precipitación) no influyen en los anillos de crecimiento de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.

**b)** Las sequías y su intensidad no presentan efecto en los caracteres anatómicos de los vasos (diámetro hidráulico  $D_H$ , índice de vasos agrupados  $V_G$  e índice de vasos solitarios  $V_S$ ) de *Juglans neotropica* en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.

## 1.5 Variables y definición operacional

Tabla N°1. *Variables y definición operacional*

VARIABLES	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE VARIABLE
Clima (X) Independiente	Precipitación	Las precipitaciones son eventos climáticos favorables para el crecimiento de las plantas, el cambium vascular se activa, desarrollando un sistema hidráulico más eficiente (25).	Magnitud de precipitación	Milímetros (mm / m <sup>2</sup> )	Cuantitativa
	Temperatura	Los árboles tropicales tienen la capacidad de desarrollar anillos de crecimiento influidos por las variaciones de temperatura (26).	Variación de temperatura	Grados Celsius (C°)	Cuantitativa
	Sequías	Las sequías repercuten en la funcionalidad hidráulica de los sistemas vasculares de los árboles y son evidenciados en la madera (27).	Intensidades de sequía	Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI)	Cuantitativa
Anatomía de la madera (Y) Dependiente	Anillos de crecimiento	Durante el crecimiento radial se registran eventos climáticos por el cual son una base de información con gran cobertura mundial, resolución anual y fechado absoluto con años de vida útil (20).	Anillos de crecimiento	Milímetros (mm)	Cuantitativa
	Caracteres anatómicos de los vasos	Los CAV del xilema son indicadores de adaptación de los árboles en determinadas condiciones climáticas desfavorables (28).	Diámetro - cantidad de vasos	Micrómetro (µm) - unidades	Cuantitativa

*Elaboración propia*

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

##### **2.1.1 Contexto internacional**

a) Tesis de investigación (29) con título: “*Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas*” tenía como objetivo analizar la propiedad física, organoléptica y anatómica de la madera de 95 especies arbóreas, entre ellos *Juglans neotropica*. Para validar la información y encontrar similitud entre las latifoliadas, utilizó una xiloteca y fórmulas para cálculo de la densidad, utilizó dendrogramas en el programa estadístico R y para la descripción anatómica de las coníferas utilizó la normativa de la “Asociación Internacional de Anatomistas de Madera” (IAWA; por sus siglas en inglés) y por último, realizó un análisis de correlación de Pearson entre la densidad y las características de la madera haciendo uso del software Rstudio. Obtuvo como resultado la clasificación de cuatro grupos: 1° Laureles (madera de peso medio) incluyendo a *Juglans neotropica* en este grupo, además de presentar anillos visibles y vasos solitarios orientados según los radios, 2° Guayacanes (madera muy pesada), 3° Balsas (maderas livianas) y 4° Cedros, arabiscos y guabas (maderas porosas). En conclusión, la

caracterización de la madera permite identificar especies desconocidas y favorecer el manejo forestal sostenible.

- b) Artículo de investigación titulado: “¿Existe variabilidad en la vulnerabilidad del xilema a la cavitación en cultivares y especies de nogales (*Juglans spp?*)?” (30). Afirma que la mortalidad de especies de árboles es a causa de las sequías a través de la vulnerabilidad del xilema. Las muestras obtenidas que correspondieron al género *Juglans* para evaluar la variabilidad genética fueron cultivados en seis nueces persas de *J. regia*, seis nueces híbridas (*J. regia* x *J. nigra*) y siete nueces combinadas. Utilizaron una metodología mejorada a través de la técnica de centrífuga "Cavitron" para medir la vulnerabilidad del xilema a la cavitación. El resultado del análisis determinó variaciones muy estrechas en la vulnerabilidad de los vasos a la cavitación entre las nueces híbridas con ligeras diferencias de los rasgos entre las especies. De acuerdo con los resultados obtenidos, la vulnerabilidad a la cavitación demuestra que no hay diferencias entre las especies del género *Juglans*, y existe baja resistencia a la cavitación, lo que demuestra un alto potencial para mejorar su genética y reproducción, concluyen en la existencia de una selección uniforme entre las especies de *Juglans spp.*
- c) Artículo de investigación titulado: “Anatomía de la madera de diez especies forestales de bosque andino del sur del Ecuador” (31). Tenían por objetivo realizar descripciones microscópicas de la anatomía de la madera en tres vistas: transversal, radial y tangencial de 10 especies de un bosque andino, entre ellas *Junglas neotropica*, realizaron el corte de las muestras, así como, la tinción de las mismas y las descripciones se realizó con ayuda de un microscopio, observaron que la especie presenta porosidad semicircular, presencia de poros solitarios y agrupaciones múltiples en forma diagonal, radios uniseriados, parénquima axial con finas bandas y anillos de crecimiento visibles, dedujeron que *Juglans neotropica* y *Cedrela montana* fueron las únicas especies que comparten tres características anatómicas iguales (tipo de porosidad, parénquima axial y anillos de crecimiento). Concluyen que las descripciones a nivel microscópico de las 10 especies en un bosque andino ayudan a determinar el potencial de investigación en la anatomía de la madera y la relación con factores climáticos.

- d) Artículo de investigación titulado: “*Respuestas del crecimiento de los árboles a través de gradientes ambientales en los bosques argentinos subtropicales*” (32). El objetivo fue determinar la influencia de la temperatura y precipitación en el crecimiento de *A. acuminata*, *C. lilloi*, *J. australis* y *S. lorentzii* en diferentes rangos altitudinales y comparar la respuesta con las especies dominantes, desde las tierras bajas secas del Chaco hasta los bosques montañosos húmedos en el noroeste de Argentina. Aplicaron el método dendrocronológico, utilizaron el programa COFECHA para evaluar la calidad de las mediciones y la estandarización en el programa ARSTAN 40, las cronologías fueron evaluadas con análisis de componentes principales (PCA; por sus siglas en inglés) y se realizaron correlaciones con las variables climáticas. Las cronologías de las cuatro especies presentaron correlaciones positivas con la temperatura del verano austral, *Juglans australis* resultó ser la más sensible, sensibilidad media (SM) = 0.567 en zonas de alta y baja elevación respecto a los demás y resalta en los siete lugares evaluados debido al  $R_{bar}$  medio = 0.393 y EPS medio = 0.87 (EPS  $\approx$  0.85). La respuesta del crecimiento depende de la variabilidad climática, altitud y la especie. La similitud del crecimiento radial de diferentes especies permite comprender la respuesta sincronizada a su entorno respecto al clima.
- e) Artículo de investigación titulado: “*Variación de las características cuantitativas de elementos del vaso en la madera de Juglans regia en la región occidental del Mar Negro, Turquía*” (33). Tenía por objetivo estudiar las variables cuantitativas de los elementos del vaso de la madera de *Juglans regia* en relación con el ancho de anillos. Recolectó 24 núcleos de incremento con dos barrenadores de 12 individuos, se colocaron secciones transversales, radiales y tangenciales usando un micrótopo “Euromex”. Se realizaron mediciones del diámetro tangencial y radial con 25 repeticiones de conteo para cada variable: lumen de los vasos, frecuencia de los vasos y número de vasos agrupados. Asimismo, se realizaron mediciones del ancho de anillo con un cuadro de tiempo “VIAS” y para los análisis ecológicos utilizó la tasa de xeromorfia (XERO) para un período de 19 años (1984 - 2003). Encontró vasos principalmente solitarios entre dos a cinco vasos y el número de vasos agrupados variaron entre de 1.16 a 1.68, los diámetros tangenciales y radiales

midieron entre 135.3  $\mu\text{m}$  a 177.1  $\mu\text{m}$ , además se obtuvieron correlaciones significativas para los diámetros de vaso tangencial y radial ( $p < 0.001$ ), tasa de vulnerabilidad y xeromorfia ( $p < 0.01$ ) y número de vasos por grupo ( $p < 0.05$ ), los factores de la altitud y ancho de anillo influyen en un 40.4 % a 80.4 % en la variación de los caracteres del vaso. Concluye que los valores cuantitativos de los elementos del vaso de *Juglans regia* está relacionada a la altitud y la tasa de xeromorfia, ya que puede estar relacionada a estudios ecológicos, por lo que es necesario hacerse investigaciones paleobotánicas y arqueológicas de la madera.

### 2.1.2 Contexto nacional

- a) Tesis elaborada en Perú, titulada: “*Caracterización anatómica de la madera y dendrocronología de Juglans neotropica Diels de áreas ribereñas de la Provincia de Chachapoyas, Amazonas*” (34). Realizó la caracterización macroscópica y microscópica de la madera y evaluó la influencia de la precipitación y temperatura en el crecimiento radial de 20 individuos en dos distritos del departamento de Amazonas (Magdalena y Leymebamba). Utilizó un estereoscópico a una magnitud de 10X y para el nivel microscópico se llevó a cabo mediante microtécnica. Los programas informáticos que se utilizaron fueron COFECHA para comprobar las mediciones del ancho de anillos y el programa Rstudio, donde utilizó el paquete dpl - R (dendrochronology program library in R) para la estandarización de las series y el paquete Treeclim para evaluar los anillos de crecimiento con las variables climáticas. La especie posee anillos de crecimiento bien delimitados, cuya estructura presenta madera temprana caracterizada por poros angostos, mientras en la madera tardía está representada por poros más reducidos; las parénquimas delimitan a los anillos de crecimiento; las correlaciones de Pearson para la precipitación resultó negativa y la temperatura resultó positiva solo en el distrito de mayor altitud, la tasa de crecimiento de anillos es desacelerada, ya que puede estar relacionado a eventos de sequías. Concluyó que no existe influencia de la precipitación y la temperatura en la formación de los anillos de crecimiento de *Juglans neotropica* en el lugar de estudio.
- b) A nivel regional, un artículo científico titulado: “*Dos siglos de variabilidad hidroclimática reconstruidos a partir de registros de anillos de árboles*”

sobre los Andes amazónicos del Perú” (35). Realizaron la construcción de la cronología de *Cedrela odorata*, *Cedrela nebulosa* y *Juglans neotropica* así como realizaron reconstrucciones climáticas de la precipitaciones a partir de la dendroclimatología para un bosque premontano muy húmedo en el distrito San Martín de Pangoa, provincia de Satipo, la información climática se obtuvo de estaciones meteorológicas convencionales del “Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú” (SENAMHI) y se llevaron a cabo correlaciones de Pearson para los meses de noviembre y octubre según las diferentes regiones de influencia ENSO. Para *Juglans neotropica* obtuvieron una datación de 204 años (1805 - 2009) de 18 individuos, del cual se trabajó con 34 series, el valor de intercorrelación de series (IS) fue de 0.470,  $R_{bar} = 0.26$  y  $EPS \approx 0.85$ . Además, menciona una correlación negativa ( $r = -0.81$ ) para la región 3+4 de la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) para un período de 60 años (1950 - 2010). Finalmente, obtuvieron la reconstrucción climática de la precipitación (1817 - 2010) con un período de abundante y escasa precipitación significativa ( $p < 0.10$ ), determinaron que las precipitaciones están influidas por eventos ENSO de frecuencia interanual y en cada 40 años, así como para la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO; por sus siglas en inglés). Concluyen que las muestras recolectadas para el bosque son representativas y adecuadas para realizar reconstrucciones climáticas.

- c) Una investigación realizada en la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), (36), publicó un artículo científico con título: “*Anatomía de los anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central, Perú*”. Su objetivo principal fue caracterizar anatómicamente los anillos de crecimiento de muestras provenientes de las provincias Chanchamayo y Satipo. Utilizó la metodología con las normas COPANT 30:1-019, “Normas Técnicas Peruanas” (NTP) 251 - 008 y la guía de anatomía de la madera “IAWA 1989”. El resultado obtenido fue que el 30% tiene potencial dendrocronológico, entre ellos *Juglans neotropica*; asimismo, determinaron que la especie desarrolla anillos de crecimiento delimitados por una banda delgada de parénquima marginal y porosidad semicircular. El crecimiento de las demás especies resultaron estar asociadas a características intrínsecas e influencias abióticas. Concluye que el

crecimiento de las especies están relacionadas a las intensidades de las precipitaciones.

- d) Un artículo de investigación (37) titulado: “*Caracterización anatómica de anillos de crecimiento de especies forestales tropicales maderables con valor comercial para dendrocronología - Selva Central*”. Tenía por objetivo la caracterización anatómica de anillos de crecimiento y realizar la medición de elementos leñosos de 40 especies en las provincias de Satipo y Chanchamayo, entre ellos, *Juglans neotropica*, para la metodología utilizaron un microscopio (modelo DME) con cámara fotográfica (modelo DC 150) y lupa 10x para realizar las descripciones anatómicas, además se basó en normas “COPANT” (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) N° 30:1019 para estudio macroscópico y “IAWA 1989” para estudio microscópico, además para verificar diferencias significativas en las fibras de la madera utilizaron la prueba T-student a un 95 % de intervalo de confianza, los resultados para *Juglans neotropica* fueron: porosidad semicircular, límites de anillos de crecimiento visibles delimitados por una banda de parénquima marginal, además, al menos 12 especies que representan el 30 % resultaron tener potencial para estudios dendrocronológicos. Concluyen que las especies no potenciales no presentaron diferencias anatómicas visibles por factores bióticos, abióticos y genéticos.
- e) Una tesis de investigación (38) titulada: “*Turno biológico de corta en Juglans neotropica Diels, a partir del análisis de anillos de crecimiento en selva central del Perú*”, tenía por objetivo determinar turno biológico de corta (TBC) de *Juglans neotropica* para análisis de los anillos de crecimiento, Incremento Corriente Anual (ICA) y el Incremento Medio Anual (IMA), del cual se recolectaron 42 muestras en cortes de 25 rodajas y 17 tarugos, utilizó el programa COFECHA para verificar la calidad de las mediciones de los anillos realizados con una medidora VELMEX conectado al programa MEASURE 2JX que almacenó las mediciones y los índices del TBC mencionados con el programa AGE, los resultados de la curva de crecimiento del ICA fue de 0.37 cm/año mientras que para el IMA fue de 0.54 cm/año, el vértice de las curvas determinó el TBC, que fue para los 123 años. Concluye que la dendrocronología es aplicable para especies de la Selva Central del Perú como *Juglans neotropica*.



## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Dendrocronología**

Es una ciencia que se enfoca en el estudio de la madera y utiliza los anillos de crecimiento de los árboles para analizar procesos físicos, químicos y biológicos que se registran en un período de tiempo (8, 39, 40).

#### **2.2.1.1 Principios**

##### **a) Principio de uniformismo**

Los procesos climáticos que suceden en el presente son los mismos procesos que han ocurrido en el pasado. Pero cabe mencionar, que existe mayor disponibilidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la actualidad, que pueden alterar procesos fisiológicos del árbol (8, 40).

##### **b) Principio del factor limitante**

Establece que los árboles están restringidos en su crecimiento por múltiples factores bióticos y/o abióticos como la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, humedad del suelo, temperatura, capacidad fotosintética, competencia intraespecífica e interespecífica, entre otros. Estos limitantes se ven reflejados en el ancho de anillo de diferentes años (8, 40).

##### **c) Principio de selección del sitio**

Debido que los árboles registran eventos que afectan el crecimiento, con la finalidad de reducir el ruido causado por otros factores, es sustancial considerar los factores que hayan repercutido en el crecimiento para la determinar el sitio donde se colecten las muestras (8, 40).

##### **d) Principio del crecimiento agregado**

El crecimiento de árboles es influido por múltiples factores que son registrados en el ancho de anillo, también están relacionados a la edad, a mayor edad la velocidad de crecimiento tiende a disminuir (38), este factor puede ser eliminado en la cronología con una estandarización, es decir una calibración de datos para una información apropiada. El modelo conceptual del crecimiento agregado de los árboles comprueba lo mencionado (8, 40), (Figura N°1).

### Modelo conceptual del crecimiento agregado

$$R_t = f(G_t + C_t + D1_t + D2_t + E_t)$$

Donde:

$R_t$ : Ancho de anillo en el año  $t$ .

$G_t$ : Tendencia de crecimiento relacionada a la edad.

$C_t$ : Clima en el año  $t$ .

$D1_t$ : Perturbación endógena en el rodal.

$D2_t$ : Perturbación exógena en el rodal.

$E_t$ : Error o señal no controlada.

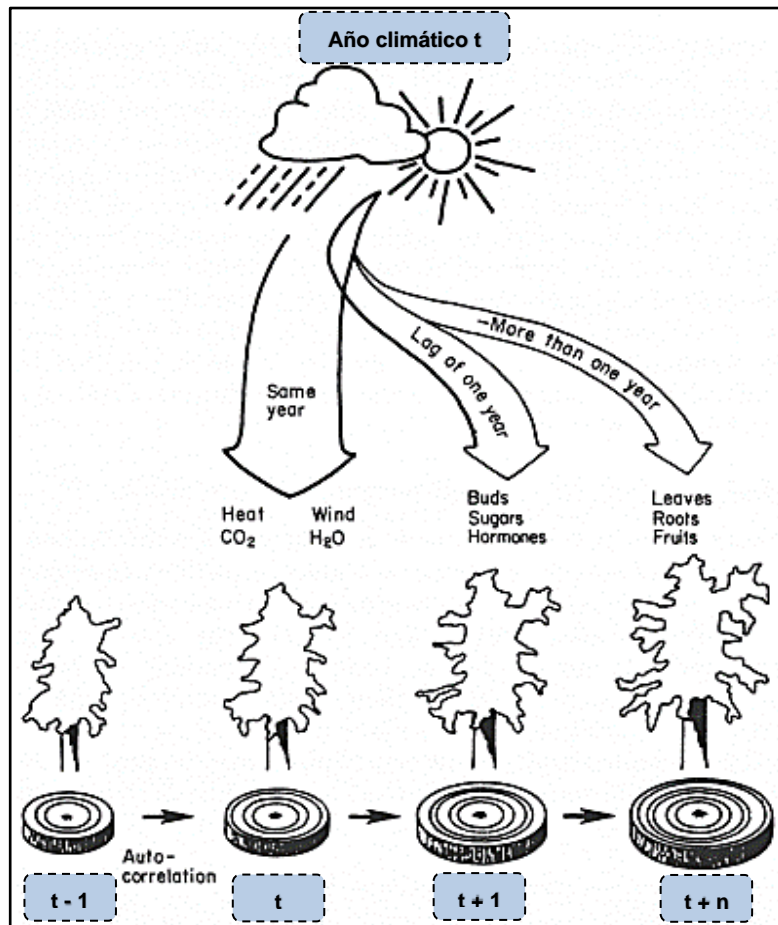


Figura N°1. Crecimiento agregado de árboles  
Tomada de *Fundamentals of Tree-Ring Research* (40)

#### e) Principio de datación cruzada

Es considerado el principio básico de la dendrocronología, se enfoca en la ubicación real del límite de anillos de crecimiento para obtener una datación verídica y confiable (8, 40), es necesario realizar el "crossdating" para determinar los años exactos de una cronología (40).

#### f) Principio de replicación

La coincidencia del ancho de anillos permite desarrollar una cronología precisa y a la vez demuestra el principio de datación cruzada. Las variaciones climáticas que influyen en los anillos de crecimiento de un individuo son las mismas o similares en las de una población de la misma especie (8, 40).

#### 2.2.1.2 Pruebas estadísticas

Para comprobar la calidad de las mediciones del ancho de anillos de crecimiento y cronologías se realizan pruebas estadísticas que están descritas en la Tabla N°2.

**Tabla N°2. Estadísticos para análisis dendrocronológico**

<i>ESTADÍSTICO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
<i>Intercorrelación de Series (IS)</i>	Es la correlación entre las series con la serie maestra, así como su comparación, tiene un valor predeterminado 0.328, de superar el nivel crítico, las mediciones y años designados son aceptables.
<i>Sensibilidad Media (SM)</i>	Es un cálculo para estimar la sensibilidad de los anillos de crecimiento. Si los anillos tienen una medida equivalente entre 0 a 0.1 son series complacientes, de ser sensibles la SM es mayor a 0.1.
<i>Señal de la Población Expresada (EPS, por sus siglas en inglés)</i>	Utiliza como valor predeterminado 0.85, si la EPS de la cronología presenta valores aproximados, significa que está dominada por una sola señal; aporta alto nivel de confianza para estudios dendroclimáticos.
<i>Rbar</i>	Es utilizado para evaluar la intensidad de la señal en la cronología. En general, el Rbar se calcula con la correlación promedio en segmentos de 100 años con superposición de 50 años.
<i>Signal to Noise Ratio (SNR)</i>	Es una medida de la calidad de la cronología para diferenciar la relación de la señal dominante con las perturbaciones del ruido proveniente por factores endógenos o exógenos.

**Tomada de *Fundamentals of Tree-Ring Research* (40)**

Asimismo, los estudios dendrocronológicos utilizan programas informáticos, se describen dos programas relacionados en la presente investigación en la Tabla N°3.

**Tabla N°3. Programas informáticos para análisis dendrocronológico**

PROGRAMA	CARACTERÍSTICAS
TSAP - Win	Es un software para el análisis de la medición de anillos de crecimiento, así como para comparar dos o más cronologías. Admite diferentes formatos de datos, ofrece diversas funciones de edición y proyección gráfica.
COFECHA	Es un programa para identificar anillos falsos o faltantes, descarta secuencias anómalas de los anillos de crecimiento, proporciona información de posibles errores "A" (sin errores) y "B" (con errores) entre los anillos medidos.

*Tomada de Fundamentals of Tree-Ring Research (40)*

### 2.2.1.3 Construcción de cronologías

#### a) Fechado y cofechado

El fechado o datación es una técnica de visualización mediante un microscopio óptico para la identificación de anillos, en esta etapa se designa el año calendario para cada anillo (40). Mientras el cofechado se aplica en base al principio de datación cruzada, es un proceso de control de calidad de las mediciones y realiza pruebas estadísticas de IS y SM para resultados exactos (41).

#### b) Autocorrelación

Las muestras dendrocronológicas presentan autocorrelación, se refiere a que la orientación del crecimiento radial de un bosque está fuertemente sincronizada, debido a que las condiciones de crecimiento en un año anterior tienen efecto en el crecimiento del año siguiente y años posteriores (8, 42).

#### c) Estandarización

Es considerado como un principio en la dendrocronología (8), existen especies con crecimiento irregular que pueden perder

información climatológica el cual requieren una estandarización, para tal observación se aplica la función *spline*, el cual suaviza las tendencias de la variación interanual del crecimiento, el cual minimiza perturbaciones de ruido (endógenas y exógenas), de estos procesos se obtienen valores denominados Índices del Ancho de Anillo (RWI, por sus siglas en inglés), los datos se presentan en un modelo exponencial negativo (40).

Por lo general se obtiene dos cronologías, la cronología estándar que preserva cambios en el crecimiento radial a largo plazo (adecuado para análisis de correlación) y cronología residual mantiene una alta señal de los cambios interanuales sin la autocorrelación de series en el crecimiento radial (adecuado para análisis de regresión), (40, 43).

#### **d) Cronología maestra**

Es el producto de la cronología que representa o intensifica la señal, por lo que es necesaria la comprobación de la calidad de la cronología maestra a través de pruebas estadísticas (40).

### **2.2.2 Dendroclimatología**

Es una subdisciplina de la dendrocronología que estudia el presente y pasado de la variabilidad climática como la precipitación, temperatura, evapotranspiración, entre otras variables climáticas, reflejado en el crecimiento radial a corto y largo plazo de los árboles (8, 40).

Para la selección del lugar de muestreo de los árboles, se debe considerar la señal climática, comúnmente se recolecta árboles más longevos para cronologías extensas, pero la señal puede reducirse por la senescencia, también ocurre en arboles jóvenes. Para estudios climáticos se requiere al menos 60 muestras extraídas con un barreno de Pressler (44), es decir dos núcleos de incremento por cada 30 individuos para obtener una muestra representativa de la población, sin embargo, en ciertas especies potenciales para estudios dendroclimáticos es necesaria una cantidad entre 10 a 20 muestras ya que pueden superar la señal climática a pesar de las variaciones por el crecimiento (40).

Es necesario un análisis del coeficiente de correlación, que permitan evaluar los efectos el clima en los anillos de crecimiento, también es

fundamental contar con data climática de estaciones meteorológicas según el área de estudio o bien de fuentes externas que extrapolen los datos (39, 43), en conclusión, estos requerimientos permiten evaluar la respuesta de los árboles, el cual brindan una información significativa del clima (43).

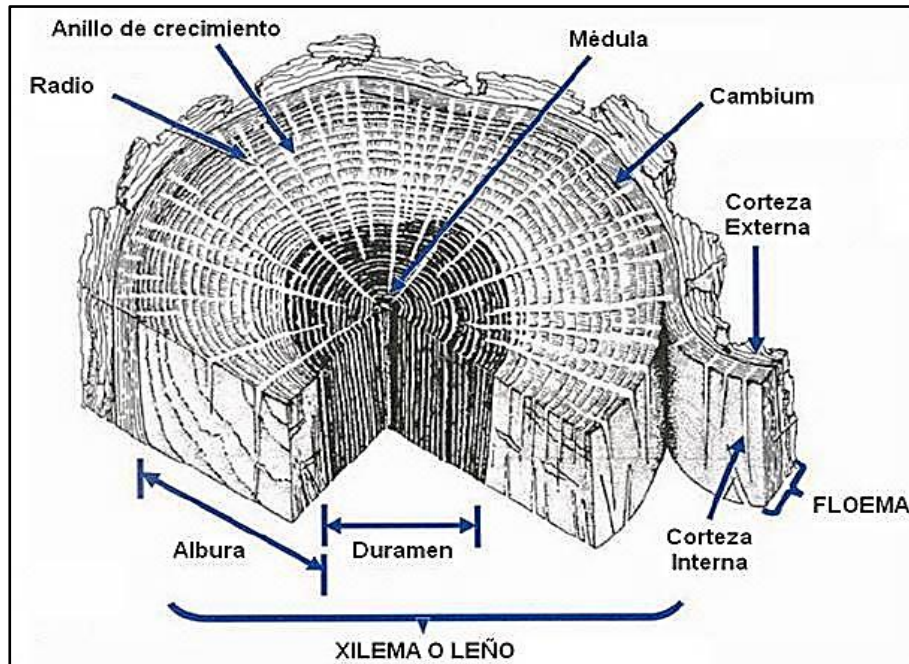
### **2.2.3 Dendroecología**

Es una subdisciplina de la dendrocronología que estudia la ecología de los árboles que han modificado la anatomía de su madera por condiciones climáticas, incendios forestales, enfermedades, entre otros aspectos ecológicos (8, 45). Por ello, las especies arbóreas tienen la cualidad de adaptarse gracias a las propiedades mecánicas de la madera, lo que contribuye a la supervivencia en situaciones críticas y estas alteraciones quedan registradas en el leño (14, 45). Las modificaciones anatómicas vasculares permiten evaluar la adaptabilidad ecológica (8, 15).

### **2.2.4 Anatomía de la madera**

Los árboles están constituidos por células eucariotas que forman tejidos vasculares del xilema (madera) y floema (corteza), las partes del tronco se detallan en la Figura N°2. Las plantas se clasifican taxonómicamente en gimnospermas y las angiospermas, donde se forman los anillos de crecimiento en el tejido meristemático secundario (46).

La estructura de la madera está compuesta por fibras de celulosa unidas sólidamente por lignina; la médula contiene la madera más vieja, tiene la función de almacenar compuestos activos como aceites y fenoles para evitar la pudrición de la masa leñosa, finalmente la extensión del sistema vascular o albura, cumple la función de transportar agua y sales minerales hasta la copa, difieren por tener coloración clara que el duramen (47). El crecimiento celular ocurre en el cámbium vascular, el cual está ubicado entre la albura y la corteza interna el cual compone el floema, al morir estas células meristemáticas, se endurecen y ensanchan en un lapso de días o semanas formando la base leñosa rígida que sostiene al árbol. Las células del floema viven más tiempo ya que son las que realizan intercambio gaseoso a través de los radios (40).



**Figura N°2. Partes del tronco (xilema y floema)**  
 Tomada del Manual para la identificación anatómica de especies maderables (49)

#### 2.2.4.1 Anillos de crecimiento

La formación de anillos parte de la madera temprana, las células se extienden comúnmente en temporadas primaverales e inicios de verano, caracterizado por tener amplias paredes celulares, gran lumen y coloración clara, mientras la madera tardía se produce a fines de verano, se caracteriza por tener paredes celulares planas y de coloración oscura. Puede existir un crecimiento celular ralentizado en otoño, sin embargo, el crecimiento de los anillos puede ser afectado por factores ambientales (8, 48).

Los árboles que crecen en pendientes modulan su orientación de los anillos de crecimiento para mantener en equilibrio su peso ante la fuerza de gravedad. En el caso de las angiospermas refuerzan sus paredes celulares para enderezar la médula en el sentido ascendente de la pendiente. Por lo contrario, las gimnospermas modifican su compresión en el sentido descendente. En ambos casos, la médula se desplaza del centro del tronco generando fuerzas de tensión (compresión y liberación) en la madera con la finalidad de corregir su crecimiento vertical (40).

Existen anomalías de falsos anillos generalmente debido a los eventos monzónicos, se originan por el espesamiento de la pared

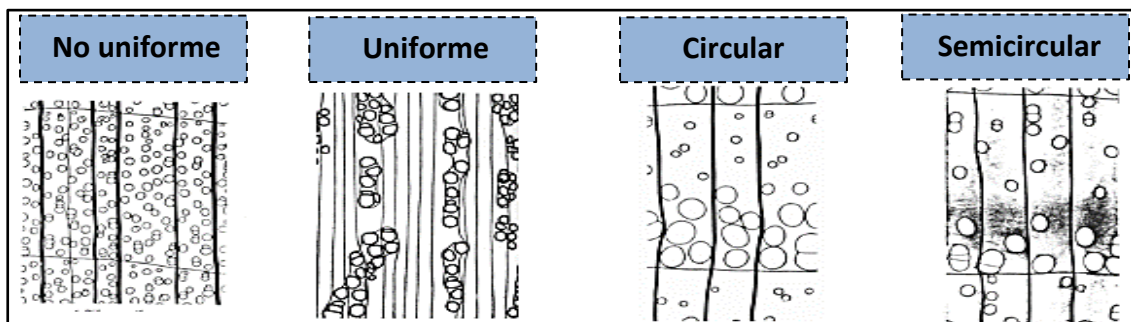
celular que limitan la tasa de crecimiento y se confunden con un anillo original, posteriormente las paredes celulares se adelgazan y continúan con el crecimiento, estos falsos anillos no cierran el círculo radial tratándose de su límite (40, 47). En ese sentido, pueden no tener uniformidad de un circuito, es posible descartarlo con el cofechado de las muestras, deben tener la misma cantidad de anillos en diferentes radios del tronco.

### 2.2.4.2 Vasos

La presencia de vasos en las angiospermas ha sido un proceso de evolución que faculta el transporte de agua (40). Los vasos forman tubos con una fina pared celular y se ubican en la xilema. Las especies latifoliadas presentan vasos de xilema que refuerzan la resistencia hidráulica y son los principales conductores de fluidos por efecto de la capilaridad (47). En una vista transversal se les denomina poros, del cual tienen diferente distribución, tamaño y agrupación (47).

#### a) Porosidad

Las árboles con sistemas vasculares presentan porosidad del tipo circular, se forma en la madera temprana y presenta mayor tamaño del poro respecto a la madera tardía, la porosidad semicircular se forma con una reducción gradual del diámetro desde la madera temprana hacia la madera tardía, porosidad difusa (no uniforme), donde los poros están dispersos desigualmente y por último, porosidad semidifusa (uniforme), los poros están dispersos uniformemente, ambas difusas no tienen relación con los límites de los anillos (47), (Figura N°3).

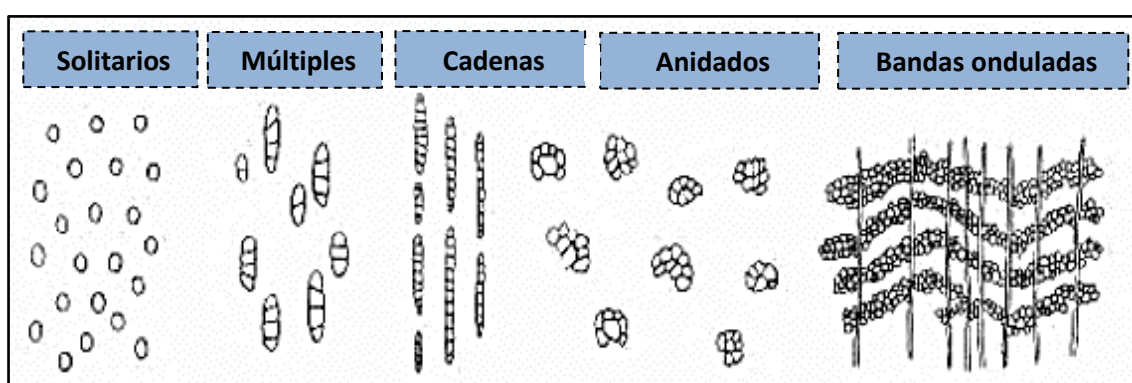


**Figura N°3. Porosidad de vasos  
Tomada de Anatomía de [la] madera (47)**



## b) Agrupación de poros

Según Speer (40), los poros se presentan solitarios y en patrones de agrupación múltiples (agrupados de dos poros o más), en cadenas, anidados (racimos) y en bandas onduladas (perpendiculares a los radios), (Figura N°4). Las agrupaciones de poros también se presentan en diferentes sentidos de orientación: dendrítico (en dirección de los radios), tangencial (perpendiculares a los radios) y oblicua (en forma diagonal a los anillos de crecimiento). Los poros pueden presentar obstrucciones por tálide, resinas, gomas, etcétera.



**Figura N°4. Agrupación de poros**  
*Tomada de Fundamentals of Tree-Ring Research (40)*

## 2.2.5 Bosque de montaña montano del Perú

Los Bm-mo o también llamados bosques nublados, se caracterizan por tener una constante permanencia de humedad ambiental a través de la neblina en las laderas de las montañas (16, 50).

### 2.2.5.1 Origen y distribución

Los Bm-mo han aparecido a principios del Mioceno de la era Cenozoica hace 60 millones de años, donde el linaje de flora y fauna de estos bosques se ha diversificado conjuntamente con la elevación de las cadenas montañosas (51).

En el Perú, este tipo de vegetación se extiende por toda la franja del flanco oriental paralelamente a la cordillera de los Andes y se desarrollan en un rango altitudinal de crecimiento entre 1000 - 3100 m s. n. m., por su elevación intermedia conecta la flora amazónica con la flora alpina, además ocupa el 2.39 % del territorio nacional (16, 50).

### **2.2.5.2 Especies relicto - endémicas**

Los Bm-mo albergan una alta riqueza de árboles endémicos que incluyen las familias: “Lauraceae (*Aniba*, *Beilschmiedia*, *Endlicheria*, *Licania* y *Nectandra*), Rubiaceae (*Cinchona*), Podocarpaceae (*Podocarpus*, *Prumnopitys*, *Retrophyllum* y *Nageia*), Juglandaceae (*Juglans*), Meliaceae (*Cedrela* y *Ruagea*), Moraceae (*Ficus*), Cunoniaceae (*Weinmannia*), Clusiaceae (*Clusia*), Myrsinaceae (*Myrsine*), Myrtaceae (*Calyptanthus*), Rutaceae (*Zanthoxylum*)”, entre otras familias (52). Las especies arbóreas del Bm-mo en promedio presentan una altura máxima de 25 m y en zonas bajas 15 m en zonas altas formando el dosel; asimismo presentan un sotobosque conformado de herbáceas, líquenes y musgos. Se desarrollan en laderas con una inclinación mayor al 50% que originan quebradas por la erosión de suelos (16).

### **2.2.5.3 Estado actual de conservación**

Los Bm-mo de las Yungas peruanas estuvieron bien conservadas hasta el 2001, no obstante, 1.4 millones de hectáreas de tierra han sido desertificadas por la expansión agropecuaria (16). Se estima que las áreas deforestadas en el norte son de 558 879 ha, Selva Central 363 493 ha y en el sur 225 740 ha (50).

Entidades públicas y privadas regulan las emisiones de GEI para obtener certificaciones en “Huella de Carbono”, el cual consiste en realizar acciones en la preservación de áreas extensas de bosques para compensar las emisiones. Asimismo, el gobierno establece mecanismos de pagos e impuestos por actividades de tala o extracción de recursos maderables con la finalidad de destinar los ingresos para la conservación de los Bm-mo ante el CC (11, 16).

## **2.2.6 Variabilidad climática**

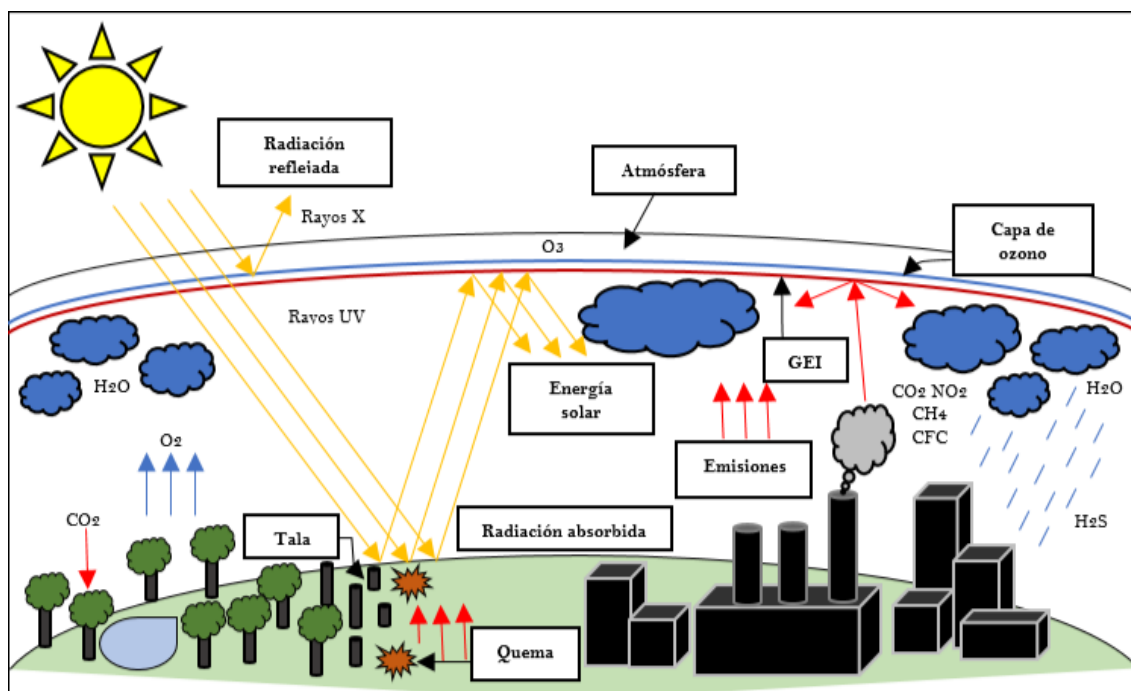
Es la desviación del clima durante un período temporal o permanente, en donde las variables climáticas se alejan de las condiciones habituales (53).

### **2.2.6.1 Cambio climático**

Es la perturbación del clima a nivel global por causas naturales; sin embargo, la quema de combustibles fósiles, emisiones de GEI y halocarbonados, altas concentraciones de CO<sub>2</sub> emitidos por las

industrias y el parque automotor incrementan la intensidad de las anomalías en los patrones climáticos (53, 54), (Figura N°5). Los impactos del CC inducido por el hombre han repercutido en fenómenos meteorológicos y climatológicos. Estos impactos también han afectado en la mortalidad humana al calor, blanqueamiento de los corales en aguas cálidas y la mortalidad de árboles frente a las sequías, entre otros ejemplos.

Las olas de calor no tienen precedentes, se ha producido una degradación ambiental y retrasos en el calendario estacional (55). La temperatura global se ha incrementado de 0.1 a 0.2 °C entre el 2011 al 2020, teniendo en cuenta que entre el 2003 al 2012 fue más intenso de 0.5 a 1.2 °C, es muy probable que el calentamiento mundial supere 1.5 °C en un corto plazo entre el 2021 al 2040 teniendo consecuencias severas e irreversibles en los ecosistemas (56).



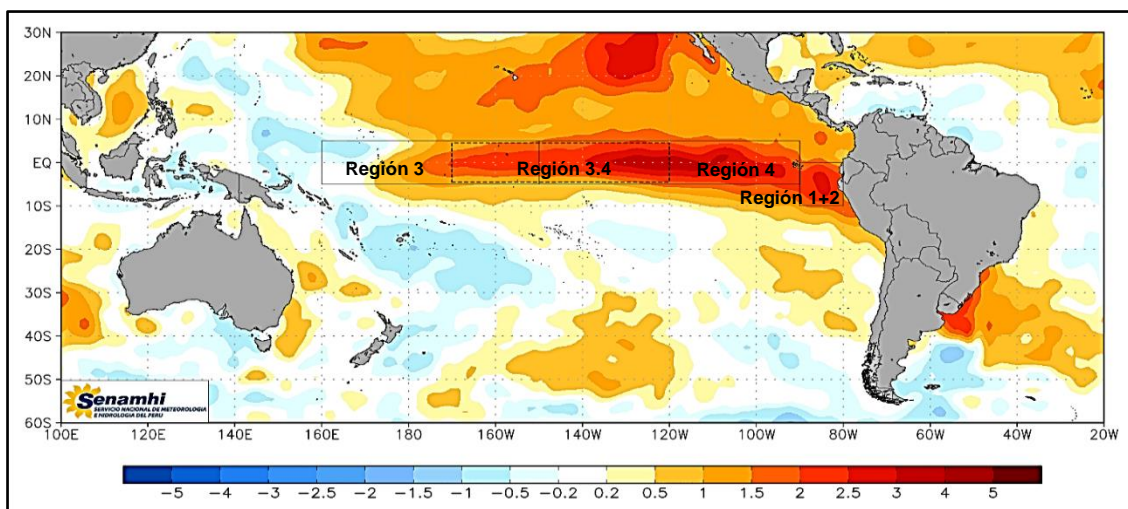
**Figura N°5. Esquema del efecto invernadero (cambio climático)**  
*Elaboración propia*

### 2.2.6.2 Oscilación del Sur El Niño - ENSO

Es un fenómeno de la variación del clima a escala regional que se presenta periódicamente en los cambios estacionales, las fluctuaciones de la temperatura y la presión atmosférica han sido causadas por el incremento de la TSM en zonas tropicales (57).

Según la Administración Nacional para el Océano y la Atmósfera de los Estados Unidos de Norteamérica (NOAA; por sus siglas en inglés) utiliza el “Índice Oceánico El Niño” (ONI; por sus siglas en inglés) para identificar episodios cada cinco meses (57). La Oscilación del Sur presenta dos fases: la fase cálida “El Niño” ( $T > 0.5^{\circ}\text{C}$ ) y la fase fría “La Niña” ( $T < -0.5^{\circ}\text{C}$ ). Además, describieron regiones en 1+2, 3, 3.4 y 4, donde la región 3.4 es la zona que presenta correlación significativa ( $p < 0.01$ ) con la TSM y el ONI, indicaría la relación de las variables climáticas y el calentamiento del mar (57), (Figura N°6).

Los efectos de estos fenómenos toman lugar en Perú y Ecuador, se expresa en lluvias intensas (eventos monzónicos), sequías severas y anomalías en la temperatura. El CC atribuye en la intensidad de los eventos ENSO, por lo que el crecimiento de ciertos árboles tropicales presentan correlación positiva con dicho evento (4, 58).



**Figura N°6. Anomalía de la temperatura superficial del mar - ENSO**  
**Tomada del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, SENAMHI (59)**

### **2.2.7 Juglans neotropica Diels**

*Juglans neotropica* fue descubierta por Friedrich Ludwig Diels en 1906, es una especie dicotiledónea que resalta por absorber gran cantidad de carbono de la atmósfera (60). Su crecimiento oscila entre 15 a 30 m de altura; el tronco presenta un porte recto y fuste cilíndrico (crecimiento de Troll), la albura presenta un color castaño claro y el duramen un color marrón oscuro; la copa es irregular de forma aplanada. *Juglans neotropica* provee una madera exótica y de alta calidad, tiene diferentes usos en la industria

maderera, además contiene la nogalina, que es utilizado como un tinte natural en los muebles de madera (60).

#### **Clasificación taxonómica**

Reino	: Plantae
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Fagales
Familia	: Juglandaceae
Género	: <i>Juglans</i>
Nombre común	: Nogal

#### **2.2.7.2 Distribución y hábitat**

Es una especie nativa y endémica que se encuentra en Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, corresponde a los bosques de montaña montanos y basimontanos en un rango altitudinal de 500 a 3500 m s. n. m. (52, 60).

*Juglans neotropica* habita en zonas donde la humedad relativa está por encima del 80%, la precipitación anual varía entre 500 mm/m<sup>2</sup> a 1000 mm/m<sup>2</sup> y una temperatura ambiente entre 15°C a 25°C (60). Esta especie prefiere desarrollarse en suelos con textura arenosa, de pH moderadamente ácido y pueden crecer en suelos degradados por actividades mineras o agrícolas (60).

#### **2.2.7.3 Características morfológicas**

##### **a) Hojas**

Es una especie caducifolia, las hojas son imparinadas y se agrupan al final de las ramas, estas miden entre 20 a 60 cm de largo, el envés es de color verde blanquecino, tienen forma de ápice agudo y base subcordada (60), (Figura N°7).

##### **b) Flor**

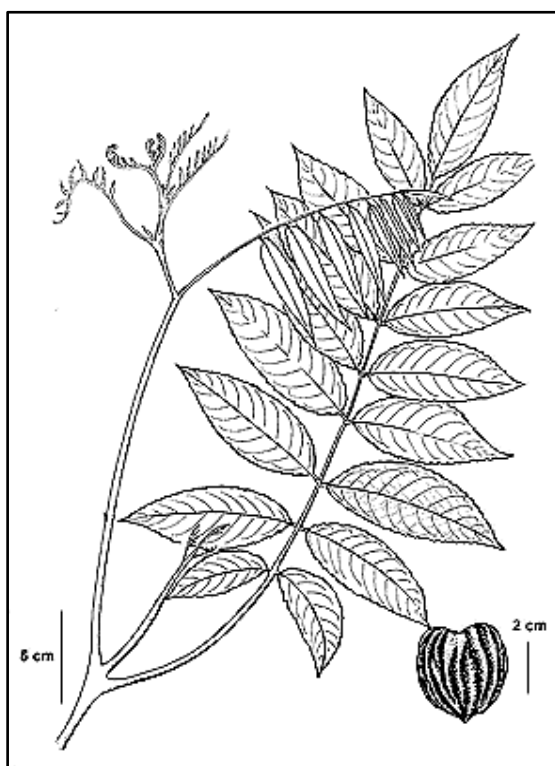
Es un árbol protándrico, es decir desarrolla flores estaminadas (masculinas) y pistiladas (femeninas), las flores pistiladas son largas de unos 10 cm de largo de color blanco, las flores estaminadas son cortas de unos seis cm y se agrupan de cuatro unidades, brotan en los terminales de las ramas, el evento fenológico de floración se puede observarse entre los meses de octubre a enero (60), (Figura N°7).

### c) Fruto

El fruto tiene una forma redonda de unos siete centímetros de diámetro, es grueso y rugoso de color café cuando están maduros; contiene una nuez envuelta en una pulpa amarilla que es utilizado como colorante en la industria textil y es comestible (60), (Figura N°7).

### d) Corteza

Es de color gris oscuro, fisurada en capas delgadas verticales que se despliega fácilmente, presenta corteza interna fibrosa de color amarillo crema.



**Figura N°7. Ilustración de hojas, flor y fruto de *Juglans neotropica* Tomada del Libro rojo de plantas de Colombia (61)**

## 2.3 Definición de términos básicos

- **Adaptación.** “En los sistemas naturales, es el proceso de ajuste al clima real y sus efectos” (56).
- **Cavitación.** Es un fenómeno de los árboles cuando se reduce la presión de los fluidos en los vasos, se forman burbujas de aire o vapor de agua, los cuales interrumpen o disminuyen la conducción (30).

- **Déficit hídrico.** Es un desbalance del agua causado por las sequías, ocurre cuando la disponibilidad es inferior al volumen requerido para sostener la vida en un ecosistema (51).
- **Dosel.** Es el techo natural de los bosques que está formado por la densidad de las ramas y hojas que limitan el paso de la luz hacia el sotobosque (40).
- **Ecotono.** Es el punto medio o zona de transición que separa dos o más ecosistemas diferentes (18).
- **Embolismo.** Es la obstrucción total de los vasos de los árboles causado por burbujas de aire que impiden el transporte de fluidos (51).
- **Gas de efecto invernadero.** “Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra” (56).
- **Halocarbonados.** “Término colectivo que designa a un grupo de especies halogenadas, contienen cloro y bromo que intervienen en el agotamiento de la capa de ozono y un potencial de calentamiento global elevado” (56).
- **Hotspot.** Se denomina a un área determinado que concentra alta biodiversidad de especies de flora y fauna en situación de amenaza extrema (51).
- **Núcleo de incremento.** Son muestras cilíndricas extraídas con un barreno de acero en el tronco del árbol para análisis dendrocronológico (40).
- **Protándrico.** En la Biología, es un tipo de hermafroditismo en las especies que maduran sus órganos sexuales masculinos antes que los femeninos (60).
- **Resiliencia.** Es la capacidad de los sistemas biológicos para afrontar alteraciones o volver a su estado original manteniendo su estructura y funcionalidad (56).
- **Ruido.** En la dendrocronología, es considerado un error o perturbación intrínseca o extrínseca (40).
- **Senescencia.** Es la tendencia al envejecimiento acelerado de células dañadas que están destinadas a morir (40).
- **Señal.** En la dendrocronología, es el indicio que representa lo observado y se distingue del ruido (40).
- **Serie maestra.** En la dendrocronología, es la serie de registro más antiguo, se correlaciona con todas las series individuales de los anillos de crecimiento (40).
- **Servicio ecosistémico.** Son los recursos naturales que dispone un ecosistema con fines benéficos en el factor económico y social (56).
- **Sotobosque.** Es la vegetación que crece por debajo del dosel de un bosque, comúnmente habitan plantas de sombra e incluyen helechos o arbustos (40).

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1 Métodos y alcances

#### 3.1.1 Método general

El método general de la investigación es deductivo (62), se aplicó premisas de la dendrocronología para obtener conclusiones de la influencia del clima en el crecimiento de anillos, así como en los vasos de *Juglans neotropica*.

#### 3.1.2 Método específico

El método específico de la investigación corresponde a la observación - medición (63), abarca al procedimiento descrito en la Figura N°8.



**Figura N°8. Procedimiento específico de la investigación**  
*Elaboración propia*



### 3.1.3 Alcances

#### a) Tipo

El tipo de investigación es básica (62), se evaluó la influencia de la precipitación, temperatura y sequías a través de hechos observables en la anatomía de la madera de *Juglans neotropica*, el cual favorece o restringe el crecimiento de anillos y la plasticidad anatómica de los vasos.

#### b) Nivel

El nivel de investigación es descriptivo - correlacional; se ha descrito la anatomía de los anillos de crecimiento y el tamaño o agrupación de vasos de *Juglans neotropica*. Por otra parte, se evaluó la relación y el efecto del clima en la anatomía de la madera de *Juglans neotropica*.

### 3.2 Diseño

#### 3.2.1 Tipo de diseño

El tipo de diseño de la investigación corresponde a un esquema no experimental (62), no se alteró la anatomía de la madera de *Juglans neotropica* para evaluar la incidencia del clima, el estudio se basó en un hecho existente.

### 3.3 Población y muestra

#### 3.3.1 Población

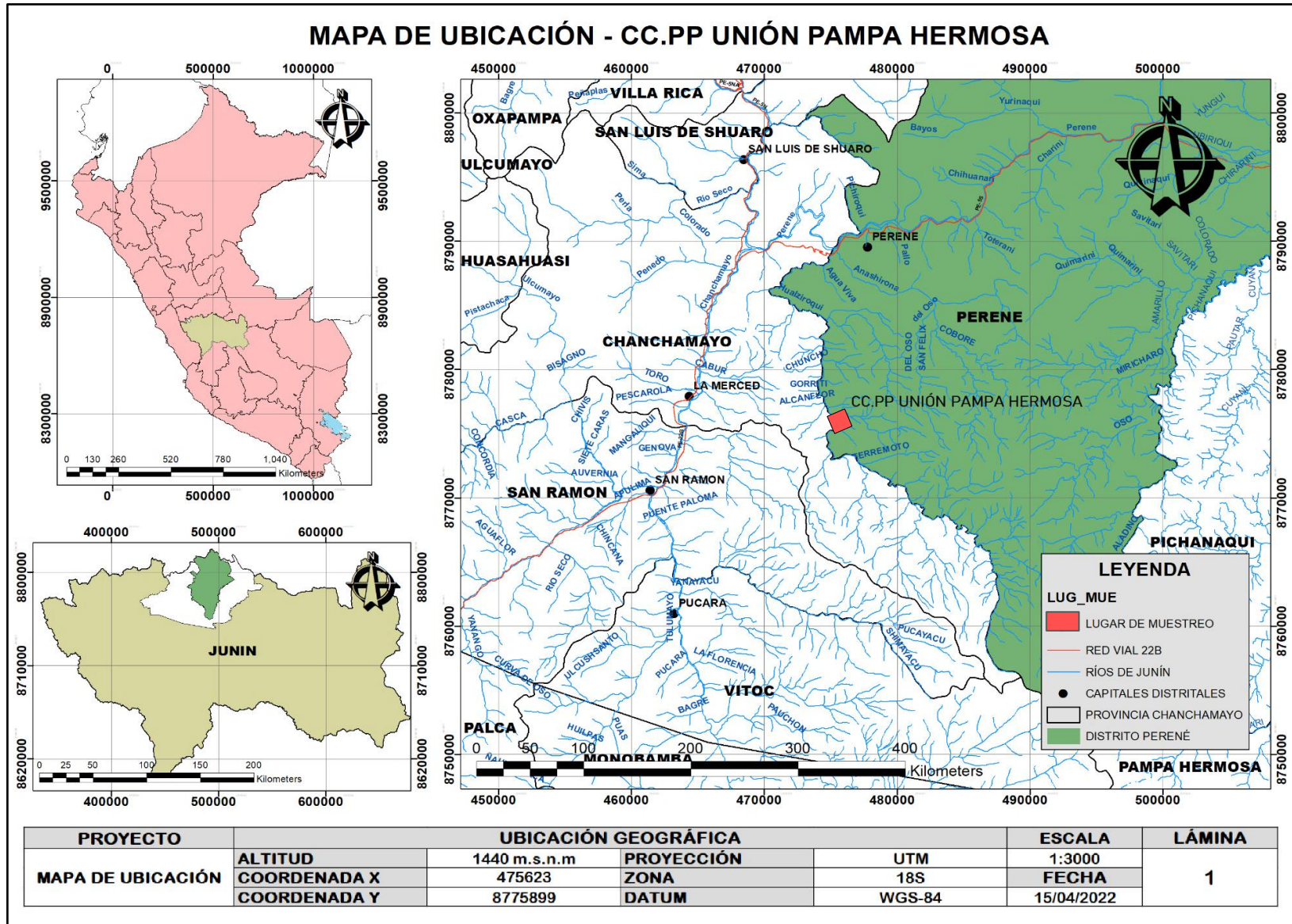
Corresponde a un área de 200 ha de un Bm-mo de la Selva Central del Perú.

#### a) Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicado aproximadamente a 30 kilómetros de la ciudad de la Merced, hacia el oeste colinda con el río Huatziroqui (Figura N°9), es de fácil acceso desde el sur por un camino de trocha a dos kilómetros de distancia desde el CC. PP Unión Pampa Hermosa.

#### ***Ubicación política***

Región	: Junín
Provincia	: Chanchamayo
Distrito	: Perené
Centro poblado	: Unión Pampa Hermosa



**Figura N°9. Mapa de ubicación geográfica del lugar de muestreo**  
 Elaboración propia con ArcMap 10.8

#### **b) Caracterización del sitio**

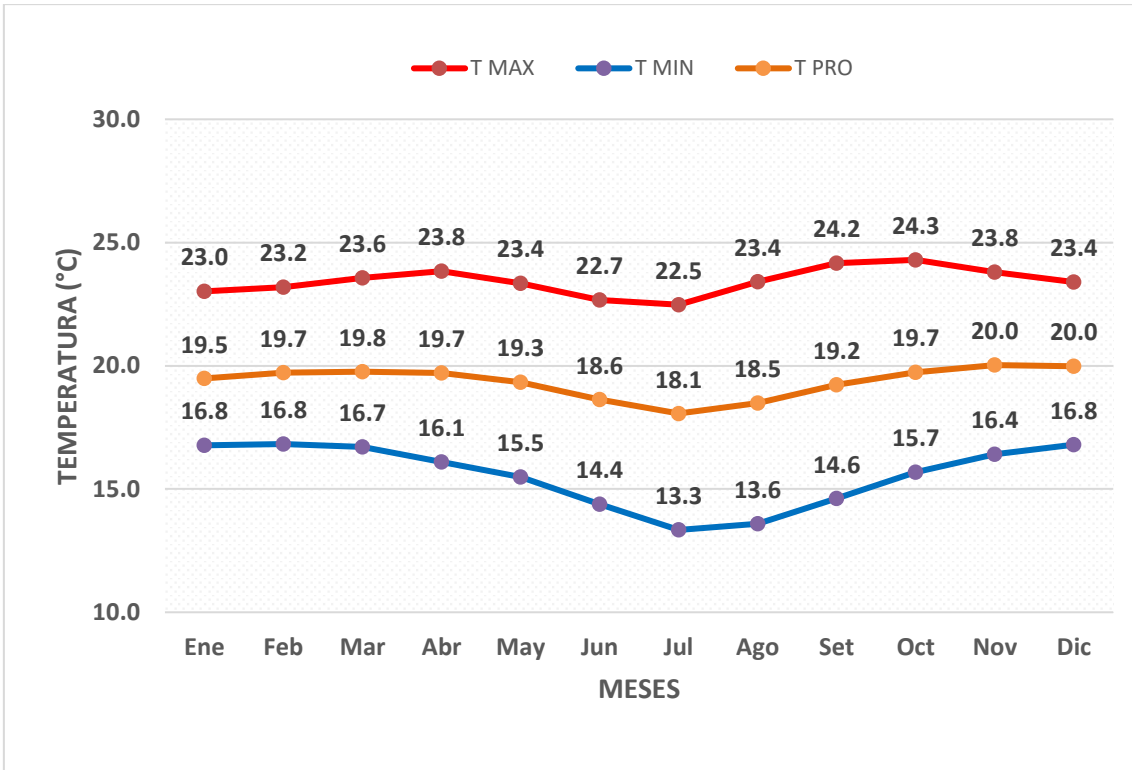
La zona se caracteriza por tener una densa cobertura vegetal, pendientes pronunciadas y parcelas de cultivos de café. Hacia el norte y el este, presencia de montañas con laderas de 45° a 50° de inclinación con orientación de oeste a este (Anexo 1).

#### **c) Composición florística**

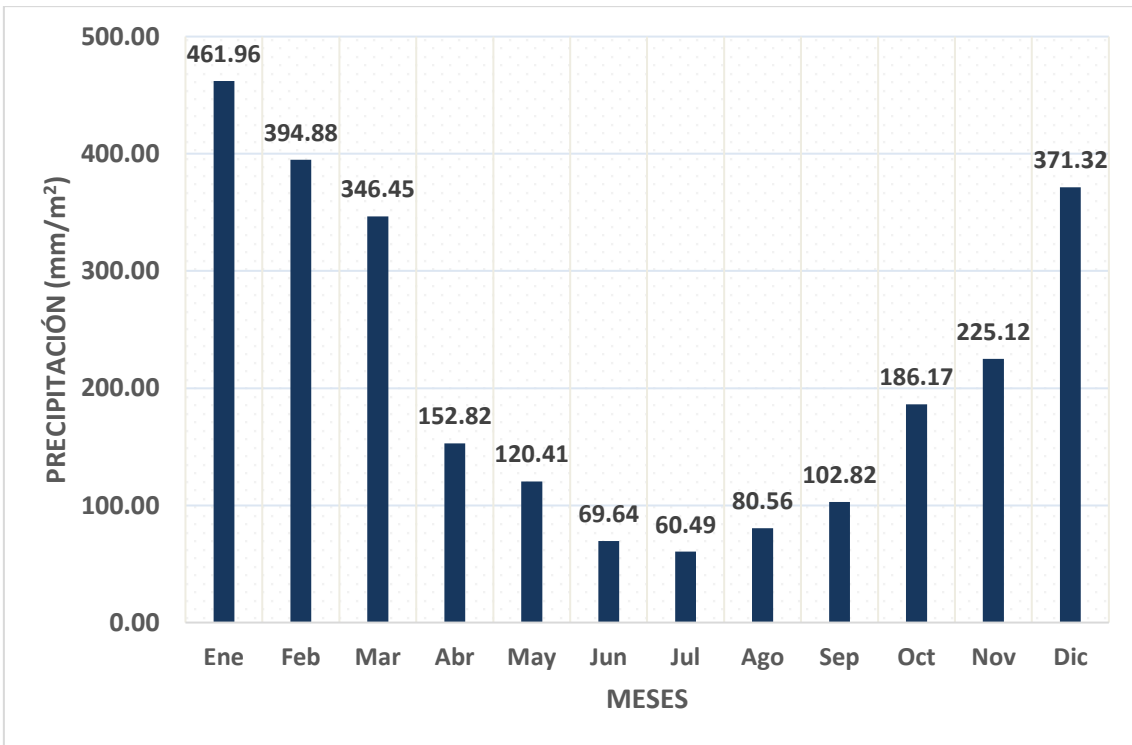
Se caracteriza por una amplia variedad de especies arbóreas tropicales que integran y compiten con *Juglans neotropica* en un Bm-mo como *Cedrela* spp., *Paramachaerium ormosioides* (aguano masha), *Clarisia racemosa* (tulpay), *Croton lechleri* (sangre de grado), *Lucuma dolichophylla* (lúcuma), *Ficus glabrata* (higuerón), *Socratea* spp., *Bactris* spp., *Wettinia maynensis* (palma), *Sapium* spp., *Schizolobium amazonicum* (gavilán), *Zanthoxylum* spp. y *Cedrelinga cateniformis* (tornillo), entre otros (52, 65); se compone de diferentes especies de helechos observados en el sotobosque como *Alsophila cuspidata*, *Alsophila erinacea* (erizón) y *Cyathea caracasana* (palma boba), entre otros.

#### **d) Caracterización climática**

El clima regional se caracteriza por ser templado y húmedo; la temperatura es muy variable (13°C - 25°C), la media anual es de 19.3°C, las temperaturas máximas ( $T > 24^{\circ}\text{C}$ ) se presentan para el mes de setiembre (24.2°C) y octubre (24.3°C) que corresponde a las estación de primavera, siendo característicos de un clima tropical, mientras que las mínimas ( $T < 15^{\circ}\text{C}$ ) oscilan entre junio a setiembre que corresponde a la estación de invierno (Figura N°10), en el caso de las precipitaciones se presentan durante toda la época del año (60 mm/m<sup>2</sup>- 465 mm/m<sup>2</sup>), la media anual es de 214.39 mm/m<sup>2</sup>, sin embargo, son más intensas (pp > 300 mm/m<sup>2</sup>) entre los meses de diciembre a marzo para la estación de verano, a diferencia de los meses entre abril a noviembre (pp < 300 mm/m<sup>2</sup>) (66), (Figura N°11).



**Figura N°10. Temperatura media mensual (1980 - 2019)**  
**Tomada de CHELSA climate (66), ver Anexo 10**



**Figura N°11. Precipitación media mensual (1980 - 2018)**  
**Tomada de CHELSA climate (66), ver Anexo 10**

### 3.3.2 Muestra

Se colectaron 26 muestras de 13 individuos vivos de *Juglans neotropica* (Anexo 2) para estimar el crecimiento de anillos, es decir dos núcleos de incremento (serie A y serie B) por cada árbol. Las muestras se obtuvieron de individuos ubicados en laderas de las montañas con mínima disponibilidad hídrica que puedan ser susceptibles y hayan registrado las señales climáticas en estudio (34), (Tabla N°4). Asimismo, de las mismas muestras se seleccionaron seis muestras aleatoriamente para evaluar los CAV, es decir un núcleo de incremento por cada árbol (serie A o serie B), (40,45).

**Tabla N°4. Coordenadas UTM de las muestras**

N°	CÓDIGO	SERIES	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	JUPA01	A	474818	8777081
		B		
2	JUPA02	A	474836	8777100
		B		
3	JUPA04	A	475067	8777015
		B		
4	JUPA07	A	475056	8777012
		B		
5	JUPA11	A	475008	8776979
		B		
6	JUPA51	A	475012	8776977
		B		
7	JUPA53	A	475018	8776944
		B		
8	JUPA55	A	474879	8777651
		B		
9	JUPA57	A	474786	8777642
		B		
10	JUPA61	A	474784	8777638
		B		
11	JUPA65	A	474768	8777586
		B		
12	JUPA67	A	474764	8776935
		B		
13	JUPA69	A	474753	8776917
		B		

*Elaboración propia con GPS GARMIN®*

### 3.4 Instrumentos, técnicas y análisis de datos

#### 3.4.1 Equipos y materiales

##### 3.4.1.1 Campo

Tabla N°5. *Equipos y materiales de campo*

N°	MATERIALES	CANTIDAD
1	Alcohol de 96° x 500 ml	01
2	Agua oxigenada 10 volúmenes x 500 ml	01
3	Barreno de Pressler (Häglof®)	02
4	Cámara fotográfica digital x 80 Mpx	01
5	GPS (GARMIN®)	01
6	Sorbetes x 5 mm	50
7	Tapones de madera 3/8 x 5mm	50

*Elaboración propia*

##### 3.4.1.2 Laboratorio

Tabla 6. *Equipos y materiales de laboratorio*

N°	MATERIALES	CANTIDAD
1	Cámara fotográfica digital x 80 Mpx	01
2	Cámara microscópica digital AmScope® x 10 Mpx	01
3	Cinta masking 1/2" x 24 mm	04
4	Compresora de aire DeWalt® 1.6 HP	01
5	Escáner EPSON® V550	01
6	Estereoscopio Labor-Tech®	01
7	Lijadora orbital Makita® (Mod.BO3710)	01
8	Lijas de grano fino (600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000 y 2500)	10
9	Lijas de grano grueso (280, 350, 400)	10
10	Pegamento sintético x 500 ml	01
11	Portaminas	01
12	Plumón indeleble	02
13	Regletas de madera x 50 cm	30
14	Sistema Velmex®*	01

\*Sistema Velmex incluye: marcador lineal x 0.001 mm, codificador de lectura y platina de posicionamiento.

*Elaboración propia*

### 3.4.1.3 Programas informáticos

Tabla N°7. *Programas informáticos de laboratorio*

N°	PROGRAMAS
1	Adobe Illustrator v.23.0.5
2	AmScope v.1.2.2.10
3	ArcMap v.10.8
4	BoxPlotR v.0.1.5
5	COFECHA v.6.02P
6	Google Earth Pro v.7.3
7	ImageJ v.1.53e
8	RStudio v.1.3.1093
9	SigmaPlot v.14.0
10	TSAP-Win v.4.67c

*Elaboración propia*

### 3.4.2 Evaluación anillos de crecimiento – variables climáticas

#### 3.4.2.1 Recolección de muestras

Para la recolección de muestras se georreferenció la ubicación de los árboles con un GPS GARMIN®, obteniéndose coordenadas UTM. Se realizó una toma de muestras no destructiva con ayuda de un barreno de Pressler Häglof®, el procedimiento se lleva a cabo insertando la punta aserrada del barreno en el tronco a la altura del pecho (1.30 m) (Anexo 3) ejerciendo presión y girando en sentido horario hasta la médula. Se formó un ángulo de 90° con el mango del barreno y se introdujo el extractor a través del conector central, obteniendo así los núcleos de incremento, posteriormente se colocaron tapones de madera de 3/8 x 5 mm previamente desinfectados con una solución de 50 % alcohol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) y 50 % agua oxigenada (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en los orificios, para evitar una infección por hongos, virus y bacterias o el ataque de insectos. Una vez obtenidas las muestras, se almacenaron en sorbetes debidamente rotulados con código y fecha con un plumón indeleble para su traslado a laboratorio; la codificación se realizó de la siguiente manera: dos letras iniciales del nombre científico de la especie, dos letras iniciales del nombre del lugar de estudio, número de muestra y letra de la serie (ejemplo: JU-PA-27-B).



### 3.4.2.2 Preparación de muestras

El procesamiento de muestras se realizó en el laboratorio de dendrocronología de la Universidad Continental. Las muestras se secaron a temperatura ambiente durante 72 horas, una vez secas, se montaron con pegamento sintético en regletas de madera con el mismo rótulo de las muestras y reforzado con cinta masking 1/2" x 24 mm para evitar el despliegue; posteriormente se realizó el secado del pegamento por 24 horas y se retiró la cinta, por último, los núcleos de crecimiento fueron pulidos con una lijadora orbital Makita® (Mod.BO3710) sucesivamente con lijas de grano grueso (280, 350 y 400) y manualmente con lijas de grano fino (600, 800 y 1000) hasta visualizar los anillos de crecimiento (Anexo 4).

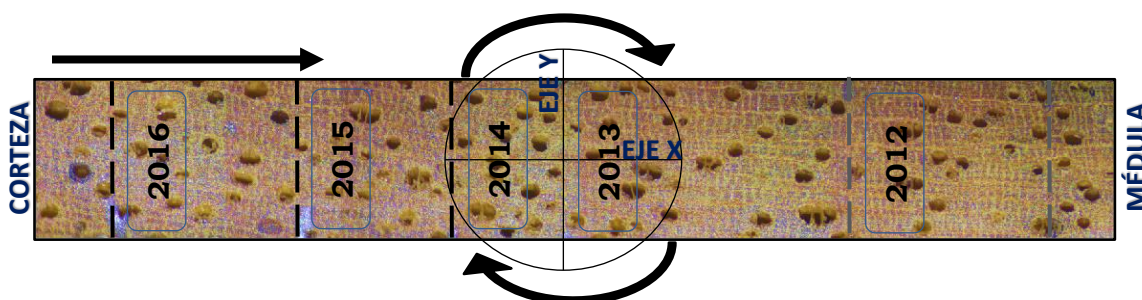
### 3.4.2.3 Construcción de cronologías

#### a) Fechado

Para el fechado se asignó el año 2020 al último anillo formado en cada muestra (Anexo 5), ya que las muestras fueron colectadas en junio del 2021 (67). La datación visual se realizó con ayuda de un estereoscopio Labor-Tech® de aumento 0.3X - 4.5X y los anillos se enmarcaron con un portaminas (Anexo 6).

#### b) Medición del ancho de anillos

La medición del ancho de anillos se realizó con el sistema Velmex®, fijando el límite de los anillos según su orientación con un marcador lineal (EJE Y) de 0.001 mm de precisión, se desplazó las muestras con una platina de posicionamiento y los datos se registraron desde la corteza hacia la médula en un codificador de lectura, conectado al programa TSAP-Win v.4.67c (68) para corroborar las mediciones (Figura N°12).



**Figura N°12. Medición del ancho de anillos**  
*Elaboración propia con Adobe Illustrator v.23.0.5 (69); muestra JUPA57A*



### c) Cofechado

El cofechado se realizó a través de correlaciones de Pearson ( $r$ ) en segmentos de 50 años y superposición de 25 años con el programa COFECHA v.6.02P (70) para verificar la datación cruzada de las muestras, se obtuvo el valor de la cantidad total de anillos por series fechadas, longitud media de las series, IS, SM y los posibles problemas de medición.

### d) Cronologías

Para la construcción de cronologías se utilizó el paquete dpl - R en el programa RStudio v.1.3.1093 (71), en el cual se obtuvo la EPS, Rbar y el SNR, además se aplicó un *spline* de 10 años, por lo tanto, en esta etapa se estandarizó las mediciones, finalmente se obtuvo con la cronología de crecimiento con el RWI respectivo.

#### 3.4.2.4 Evaluación cronología maestra - variables climáticas

Para la evaluación se realizaron correlaciones de Pearson (Ecuación N°1) entre la cronología maestra de los anillos de crecimiento y las variables climáticas de las temperaturas ( $T_{PROM}$ ,  $T_{MAX}$  y  $T_{MIN}$ ) y precipitación (PP) promedio para un rango de 24 años entre 1980 al 2019. La correlación de Pearson ( $r$ ) se expresa con la siguiente fórmula matemática (72, 73):

#### **Ecuación N°1. Coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ )**

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

**Donde:**

$n$ : Número total de datos

$X$ : Variable X (independiente)

$Y$ : Variable Y (dependiente)

Los análisis se llevaron a cabo con el paquete Treeclim en el programa RStudio v.1.3.1093 (71). La data climática se obtuvo de "Climatologías en alta resolución para las áreas de la superficie terrestre del planeta" (CHELSA; por sus siglas en inglés) (66) debido a que no existen estaciones meteorológicas próximas al lugar de estudio.

### 3.4.3 Evaluación caracteres anatómicos de los vasos - sequías

#### 3.4.3.1 Identificación de eventos históricos de sequía

Los eventos históricos de sequía (EHS) están relacionados a anomalías de la TSM del océano Pacífico tropical, concuerda con eventos ENSO de años consecutivos (1982 - 1983, 1997 - 1998 y 2015 - 2016), (57). En ese sentido, los eventos de sequía pueden distinguirse por múltiples dimensiones, que incluyen su gravedad, duración y frecuencia. De acuerdo a Jiménez (74), realizó la cuantificación de la variabilidad de las sequías mediante Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI; por sus siglas en inglés) para los años 1979 - 2016, asigno en tres niveles: moderado (M), severo (S) y extremo (E) con sus respectivos años (Tabla N°8). Para esta etapa se ubicó los años de sequía aleatoriamente entre los seis núcleos de incremento y se identificaron con ayuda de un estereoscopio Labor-Tech® de aumento 0.3X - 4.5X.

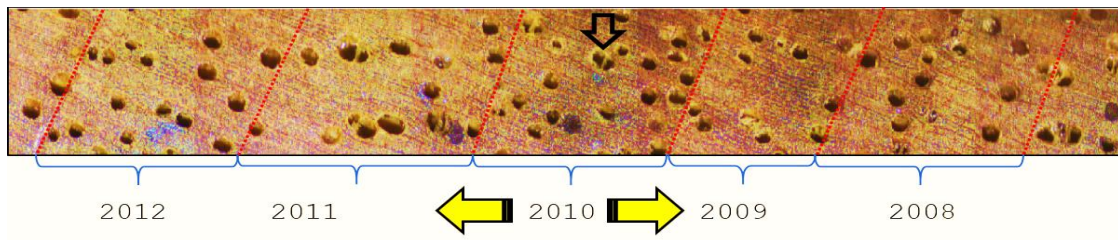
**Tabla N°8. Eventos históricos de sequía**

<i>INTENSIDAD</i>	<i>RANGO</i>	<i>AÑOS</i>
Extremo	PDSI > 24	1982,1983,1990,1994,1997, 1998, 2010 y 2014
Severo	23 - 24	2005, 2015 y 2016
Moderado	22 - 23	1988 y 2004

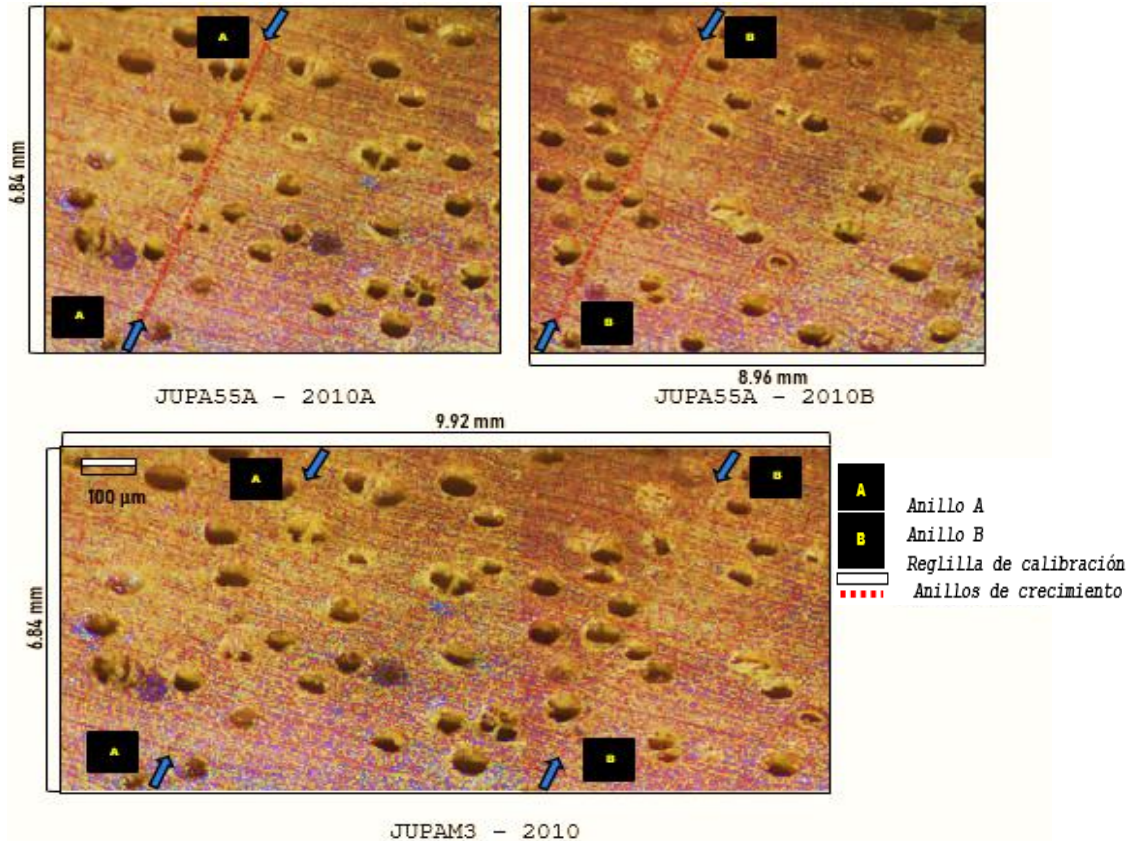
*Tomada de Spatio-temporal patterns of thermal anomalies and drought over tropical forests driven by recent extreme climatic anomalies (74).*

#### 3.4.3.2 Digitalización de los poros

Se realizó un lijado adicional de las muestras manualmente con lijas de grano fino (1200, 1500, 2000 y 2500), seguidamente se sopletearon con una compresora de aire DeWalt® 1.6 HP (Mod. D55167) para retirar obstrucciones (Anexo 7). Los poros se digitalizaron con ayuda de una cámara digital microscópica AmScope® MU1000 a una resolución de 72 ppp interconectada con el programa AmScope v.1.2.2.10 en un campo visual de 8.96 mm x 6.84 mm, además se consideró digitalizar los poros formados dos años antes y dos años después (años de no sequía), (Figura N°13). Posteriormente las imágenes se acoplaron con el programa Adobe Illustrator v.23.0.5 (69), del cual se ampliaron en un campo visual de 9.92 x 6.84 mm, además, se insertó una reglilla de 100 µm para la calibración de las mediciones (Figura N°14).



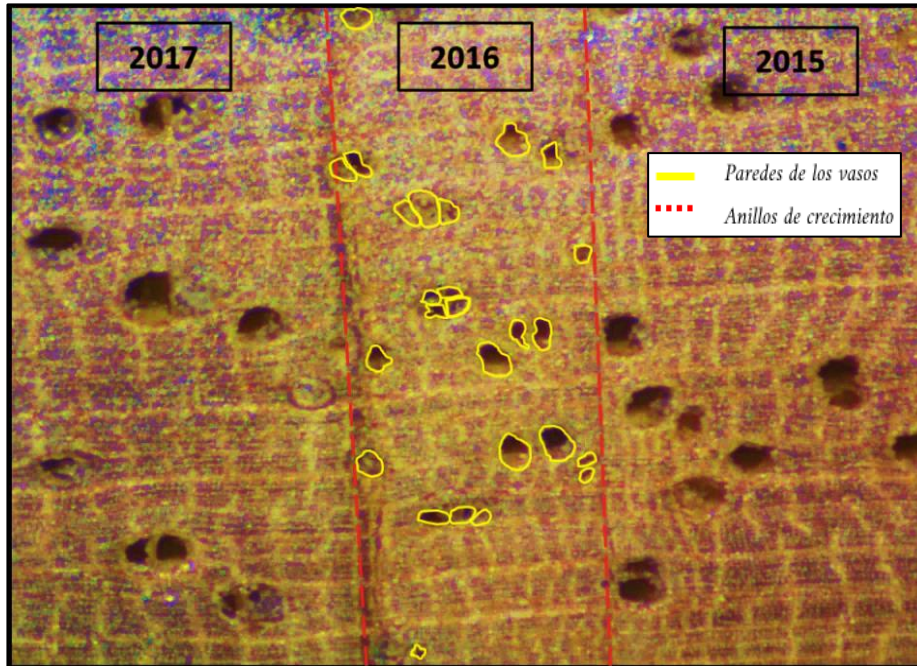
**Figura N°13. Años de sequía y no sequía**  
**Elaboración propia con AmScope v.1.2.2.10 (69); muestra JUPA55A**



**Figura N°14. Digitalización de los poros**  
**Elaboración propia con AmScope v.1.2.2.10 y Adobe Illustrator v.23.0.5 (69); muestra JUPA55A**

### 3.4.3.3 Medición de caracteres anatómicos de los vasos

Las mediciones se realizaron manualmente con ayuda del programa ImageJ v.1.53, se enmarcó el contorno de las paredes de los poros con un puntero de 0.01 mm de precisión para evaluar el diámetro hidráulico, del cual se obtuvo el área en mm<sup>2</sup>, por otro lado, se contabilizó la cantidad de vasos agrupados y solitarios comprendidos en el ancho de anillo de los eventos de sequía y no sequía (Figura N°15), se consideraron vasos con tálido pero no se consideraron vasos ocluidos, asimismo, se optimizó la precisión de las mediciones con el promedio de tres repeticiones (45).



**Figura N°15. Medición de los poros**  
 Elaboración propia con AmScope v.1.2.2.10 y ImageJ v.1.53; muestra JUPA65A

**a) Diámetro hidráulico**

Para determinar el diámetro hidráulico, en primer lugar se halló el diámetro del círculo equivalente de los vasos a partir del área de los poros haciendo uso de la siguiente ecuación (75):

**Ecuación N°2. Diámetro del círculo equivalente (D)**

$$D = \left( \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \right)$$

**Donde:**

A: Área del poro

El diámetro hidráulico ( $D_H$ ) se utiliza para determinar la conductancia hidráulica real de los vasos (75), se consideraron medir vasos incluidos en las agrupaciones y vasos solitarios, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

**Ecuación N°3. Diámetro hidráulico ( $D_H$ )**

$$D_H = \frac{\sum D_n^5}{\sum D_n^4}$$

**Donde:**

D: Diámetro del círculo equivalente

n: Número de vasos



### b) Índice de vasos agrupados

Este índice es utilizado para estimar integración hidráulica según el número de agrupaciones de vasos, se utilizó la siguiente ecuación (75, 76):

#### **Ecuación N°4. Índice de vasos agrupados ( $V_G$ )**

$$V_G = \frac{N_{\text{vasos}}}{N_{\text{agrupaciones}}}$$

**Donde:**

$N_{\text{vasos}}$  : Número total de vasos

$N_{\text{agrupaciones}}$ : Número total de agrupaciones de vasos

### c) Índice de vasos solitarios

Es un indicador para determinar la red de seguridad hidráulica de los vasos, además permite diferenciar las proporciones de agrupación y la funcionalidad con los vasos angostos (75, 76), para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

#### **Ecuación N°5. Índice de vasos solitarios ( $V_S$ )**

$$V_S = \frac{N_{\text{vasos solitarios}}}{N_{\text{agrupaciones}}}$$

**Donde:**

$N_{\text{vasos solitarios}}$ : Número total de vasos solitarios

$N_{\text{agrupaciones}}$  : Número total de agrupaciones de vasos

Para cada cálculo se realizaron pruebas de varianza con ANOVA de un factor, se utilizó la prueba Brown-Forsythe, de no cumplir la normalidad, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis con ayuda del programa SigmaPlot v.14.0 (77). Asimismo, se evaluaron las intensidades de las sequías (moderado, severo y extremo) con los CAV. Finalmente, se utilizó la herramienta BoxPlotR (78) para comparar diferencias significativas con pruebas post - hoc de Tukey a través de diagramas box plot (sequías - no sequías) y bean plot (CAV - intensidades de sequías).

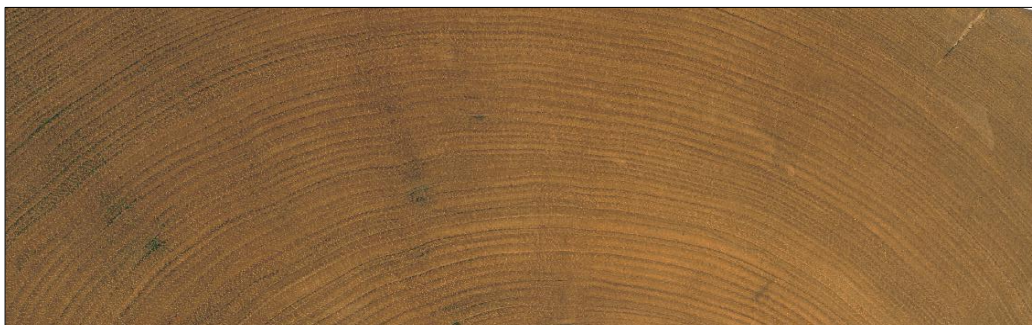
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Anillos de crecimiento – variables climáticas

##### 4.1.1 Fechado

En la Tabla N°9 se observa el fechado de 19 muestras de 13 individuos de *Juglans neotropica* (Anexo 8), debido a que cuatro series resultaron con deformaciones en la sección transversal (JUPA04A JUPA51A, JUPA65B y JUPA69A) y tres series presentaron fragmentaciones (JUPA01B, JUPA02A y JUPA11A), las cuales fueron descartadas (Anexo 9); la serie de anillos más longeva corresponde a la muestra JUPA57A con aproximadamente 52 años de edad (1969 - 2020) y las más jóvenes a JUPA01A y JUPA67B con aproximadamente 29 años de edad (1992 - 2020). La datación de los anillos se realizó por la delimitación del parénquima marginal y la porosidad semicircular (Figura N°16).



**Figura N°16. Anillos de crecimiento de *Juglans neotropica*  
Elaboración propia con cámara fotográfica digital x 80 Mpx**

**Tabla N°9. Fechado de las muestras**

MUESTRA	SERIE A	AÑO	FECHA	SERIE B	AÑO	FECHA	EDAD**
INDIVIDUO N°1	JUPA01A	29	1992	*	-	-	29
INDIVIDUO N°2	*	-	-	JUPA02B	46	1975	46
INDIVIDUO N°3	*	-	-	JUPA04B	41	1980	41
INDIVIDUO N°4	JUPA07A	48	1973	JUPA07B	32	1989	40
INDIVIDUO N°5	*	-	-	JUPA11B	36	1985	36
INDIVIDUO N°6	*	-	-	JUPA51B	48	1973	48
INDIVIDUO N°7	JUPA53A	51	1970	JUPA53B	31	1990	41
INDIVIDUO N°8	JUPA55A	36	1985	JUPA55B	43	1978	40
INDIVIDUO N°9	JUPA57A	52	1969	JUPA57B	40	1981	46
INDIVIDUO N°10	JUPA61A	49	1972	JUPA61B	45	1976	47
INDIVIDUO N°11	JUPA65A	31	1990	*	-	-	31
INDIVIDUO N°12	JUPA67A	34	1987	JUPA67B	29	1992	32
INDIVIDUO N°13	*	-	-	JUPA69B	37	1984	37

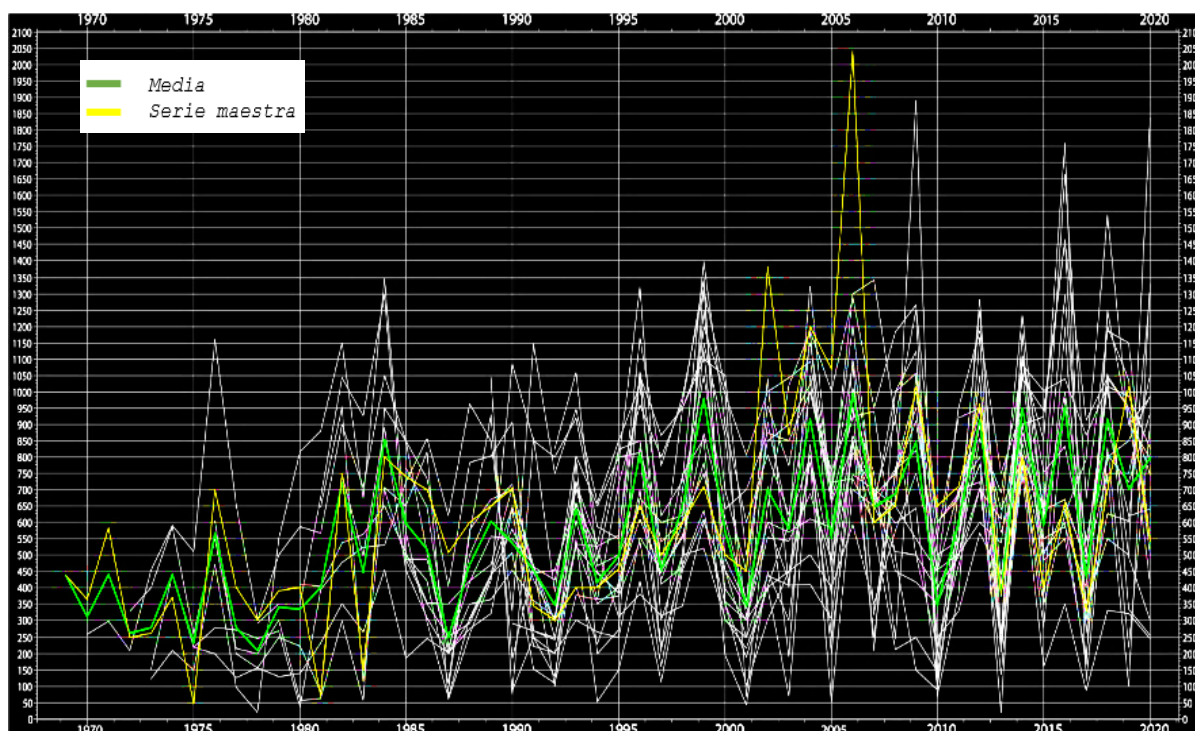
\* Muestras descartadas

\*\* Edad media aproximada de las muestras en años.

**Elaboración propia**

#### 4.1.2 Cofechado

En la Figura N°17 se observa las mediciones del ancho de anillos, donde la media de las mediciones resultó 6.10 mm y la mediana 5.82 mm.



**Figura N°17. Mediciones de los anillos de crecimiento (mm/año)**

**Elaboración propia con TSAP-Win v.4.67c (68), ver Anexo 10**

En la tabla N°10 se muestra los resultados del cofechado de las mediciones con un nivel crítico de correlación de 0.328 a un 99% de significancia. La serie maestra es de 52 años (1969 - 2020), donde todas las series correlacionaron con la muestra JUPA57A, la intercorrelación de las 19 series resultó  $r = 0.619$  ( $IS > 0.328$ ) por lo que las mediciones del ancho de anillos son aceptables, el valor del intervalo común de correlación se presenta entre los años 1992 al 2020, es decir para un período de 28 años, los anillos reflejaron alta similitud en el ancho de anillos de la mayoría de las muestras; la sensibilidad media resultó 0.543 ( $SM > 0.1$ ), indica que los anillos de crecimiento medidos son altamente sensibles. Asimismo, se observa cero errores "A", no existe errores de medición respecto a la edad de los individuos. La longitud o edad media de las series es de  $39.89 \approx 40$  años.

**Tabla N°10. Resultados COFECHA**

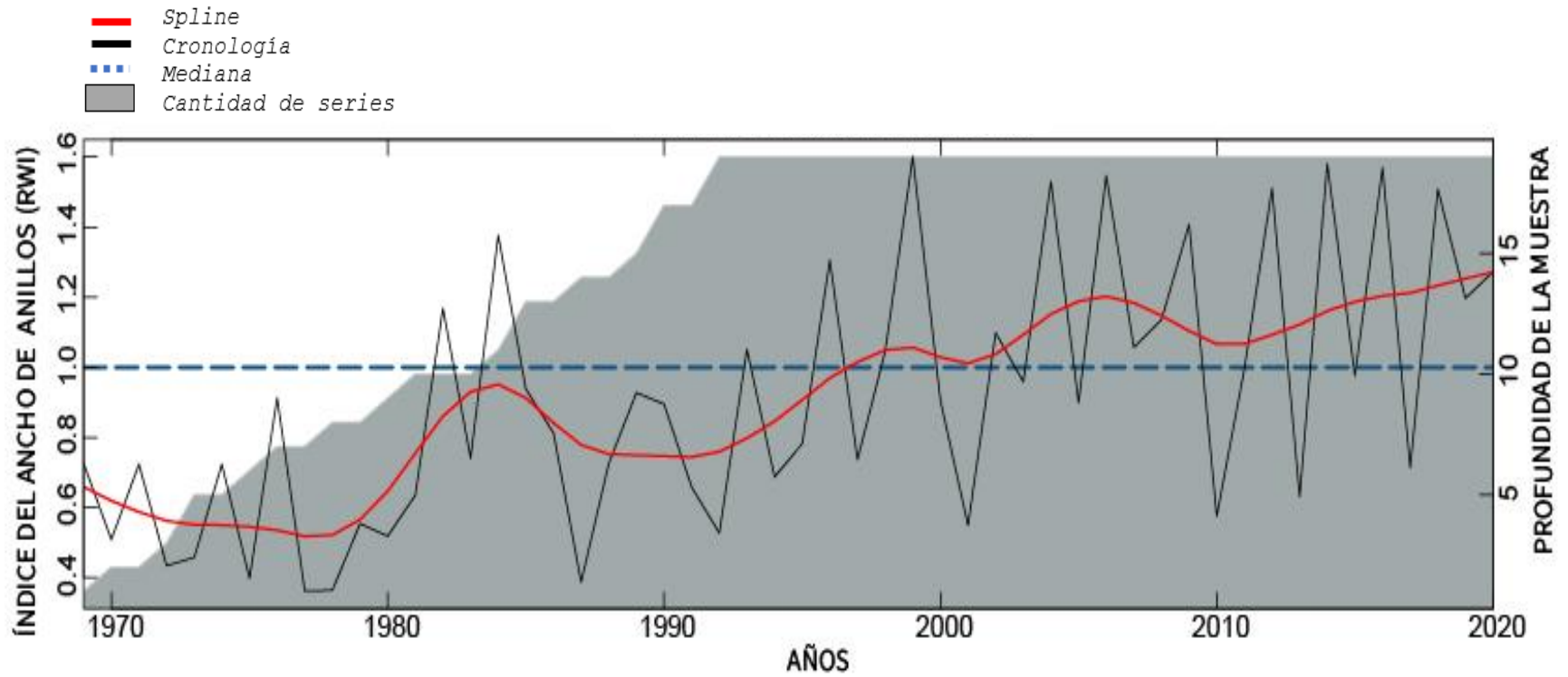
<i>ESTADÍSTICAS</i>	<i>VALORES</i>
Número de series fechadas	19
Serie maestra (1969 - 2020)	52 años
Total de anillos en todas las series	758
Total de anillos fechados comprobados	757
Intercorrelación de series	0.619
Intervalo común de correlación (1992 - 2020)	28 años
Sensibilidad media	0.543
Segmentos de posibles problemas	0 *A*
Longitud media de las series	39.89

*Elaboración propia con COFECHA v.6.02P (70)*

#### **4.1.3 Cronología maestra**

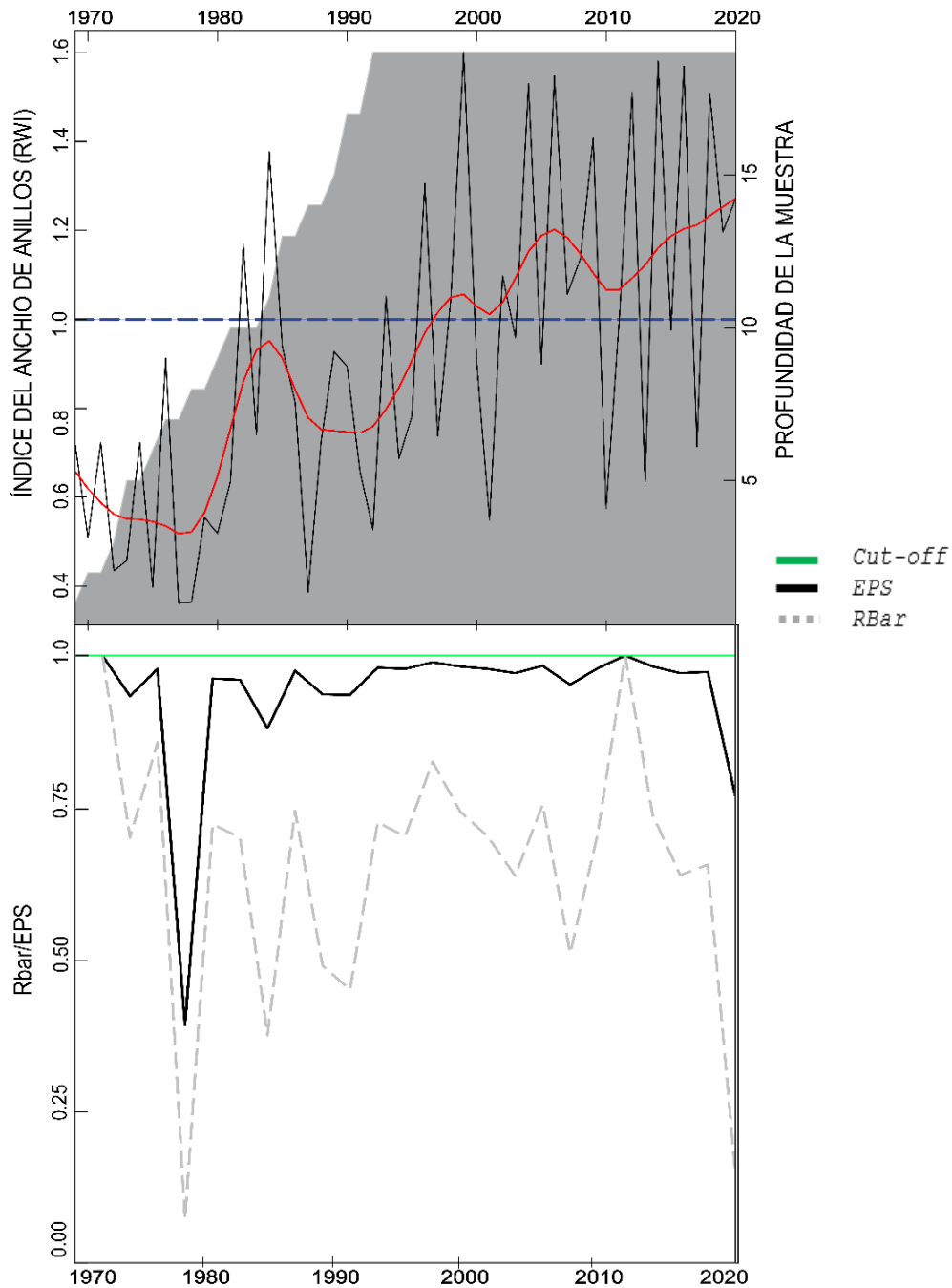
En la Figura N°18, se observa que la mediana del RWI representado con líneas discontinuas de color azul, la secuencia lineal de color negro representa la cronología estándar de crecimiento de 52 años (1969 - 2020), la línea roja curvada representa el *spline* aplicado a los valores de las mediciones y las proporciones del área gris representa la cantidad de muestras.





**Figura N°18. Cronología maestra**  
 Elaboración propia con RStudio v.1.3.1093 (71), ver Anexo 10

En la Figura N°19, se muestra los estadísticos de la cronología, el valor del EPS resultó 0.94 (EPS  $\approx$  0.85), es decir las series de los anillos están dominados por una sola señal, el Rbar resultó un valor de  $r = 0.663$  que puede interpretarse como una alta correlación entre las series de la cronología, por último, el valor del SNR = 34.13, representa una buena calidad de información de la señal dominante. Estos valores comprueban que las 19 series estandarizadas son aceptables (cut-off < 1).



**Figura N°19. Estadísticos – EPS/Rbar**  
**Elaboración propia con RStudio v.1.3.1093 (71)**

#### 4.1.4 Correlaciones cronología maestra - variables climáticas

##### a) Temperatura promedio ( $T_{PROM}$ )

Se observa en la Figura N°20 - a, la  $T_{PROM}$  presentó correlación media positiva ( $r = 0.124$ ) y significativo ( $p < 0.05$ ) con el RWI (Tabla N°11).

**Tabla N°11. Correlación temperatura promedio – cronología**

AÑOS	MESES	COEFICIENTE
1981 - 2010	julio (-1)	( $r > 0.50$ )
1985 - 2009	octubre (-1) y noviembre (-1)	( $r = 0.25 - 0.50$ )
1984 - 2018	mayo	( $r < -0.25$ )

*Elaboración propia con RStudio v.1.3.1093 (71)*

##### b) Temperatura máxima ( $T_{MAX}$ )

Se observa en la Figura N°20 - b, la  $T_{MAX}$  presentó correlación media positiva ( $r = 0.150$ ) y significativo ( $p < 0.05$ ) con el RWI (Tabla N°12).

**Tabla N°12. Correlación temperatura máxima - cronología**

AÑOS	MESES	COEFICIENTE
1983 - 2008	junio (-1)	( $r = 0.25 - 0.50$ )
1982 - 2016	julio (-1)	( $r > 0.50$ )
1985 - 2009	agosto (-1)	( $r = 0.25 - 0.50$ )
1981 - 2011	setiembre (-1)	( $r > 0.50$ )
1985 - 2009	octubre (-1)	( $r > 0.50$ )
1992 - 2016	noviembre (-1) y diciembre (-1)	( $r > 0.50$ )
1988 - 2015	mayo	( $r < -0.25$ )

*Elaboración propia con RStudio v.1.3.1093 (71)*

##### c) Temperatura mínima ( $T_{MIN}$ )

Se observa en la Figura N°20 - c, la  $T_{MIN}$  presentó correlación media positiva ( $r = 0.149$ ) y significativo ( $p < 0.05$ ) con el RWI (Tabla N°13).

**Tabla N°13. Correlación temperatura mínima - cronología**

AÑOS	MESES	COEFICIENTE
1994 - 2018	junio (-1)	( $r = 0.25 - 0.50$ )
1981 - 2011	julio (-1)	( $r > 0.50$ )
1983 - 2016	agosto (-1)	( $r > 0.50$ )
1885 - 2016	octubre (-1)	( $r > 0.50$ )
1988 - 2015	mayo	( $r < -0.25$ )

*Elaboración propia con RStudio v.1.3.1093 (71)*

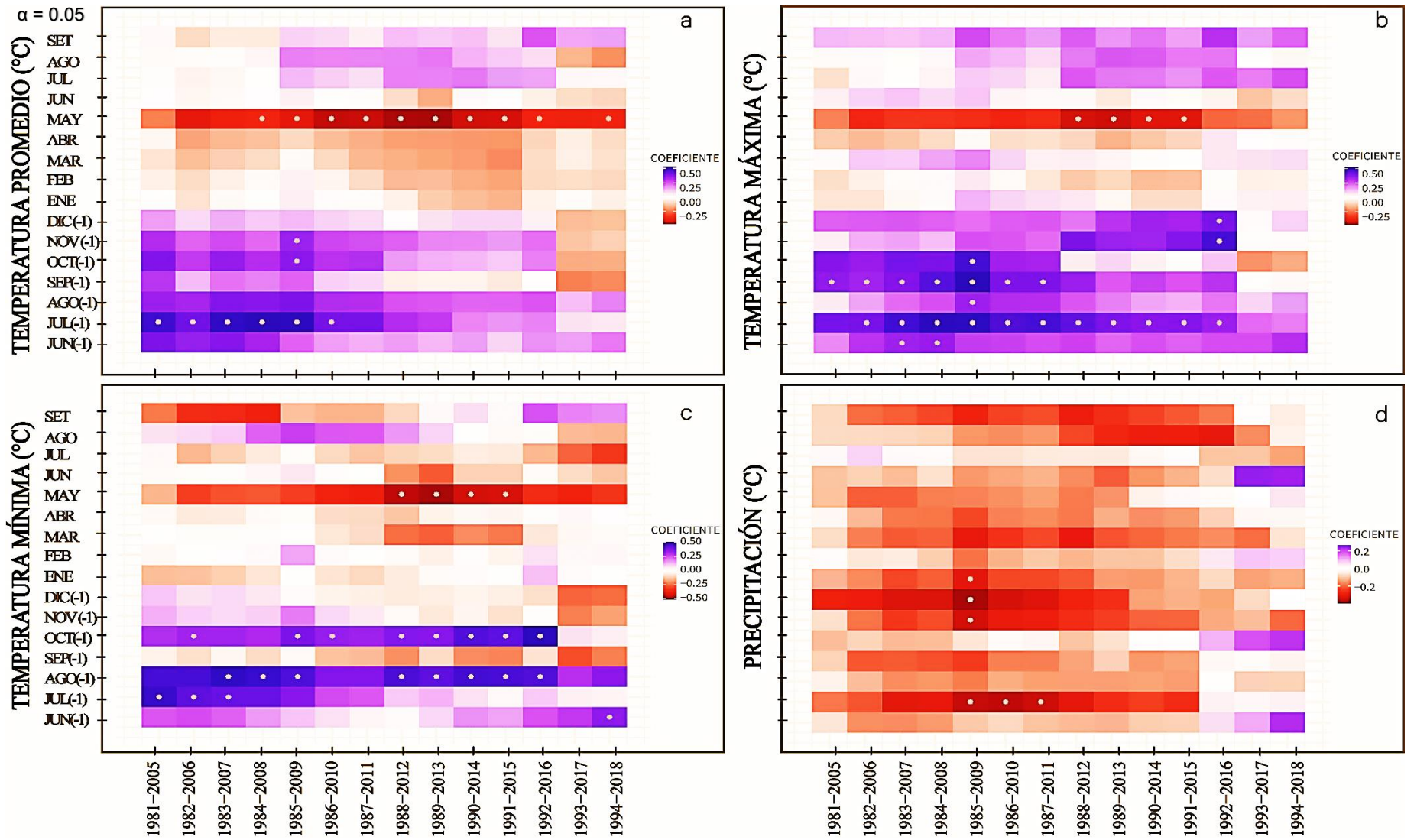
##### d) Precipitación (PP)

Se observa en la Figura N°20 - d, la PP presentó correlación media negativa ( $r = -0.186$ ) y significativo ( $p < 0.05$ ) con el RWI (Tabla N°14).

**Tabla N°14. Correlación precipitación - cronología**

AÑOS	MESES	COEFICIENTE
1885 - 2011	julio (-1)	( $r < -0.20$ )
1985 - 2009	noviembre (-1), diciembre (-1) y enero (-1)	( $r < -0.20$ )

*Elaboración propia con RStudio v.1.3.1093 (71)*



**Figura N°20. Correlaciones cronología maestra - variables climáticas**  
 Elaboración propia con RStudio v.1.3.1093 (71)

## 4.2 Caracteres anatómicos de los vasos - sequías

### 4.2.1 Eventos históricos de sequía y no sequía

En la Tabla N°15 se detalla los años de sequía (13 años) y no sequía (40 años) contenidos en las seis muestras, respecto a los años de sequía la muestra JUPA04B incluyó cinco años (1982, 1983, 1994, 2004 y 2005), la muestra JUPA11B incluyó dos años (1988 y 2015), la muestra JUPA55A incluyó tres años (1997, 1998 y 2010), la muestras JUPA57A (2014), JUPA65A (2016) y JUPA61A (1990) incluyeron un solo año.

**Tabla N°15. Muestras aleatorias para evaluación de vasos**

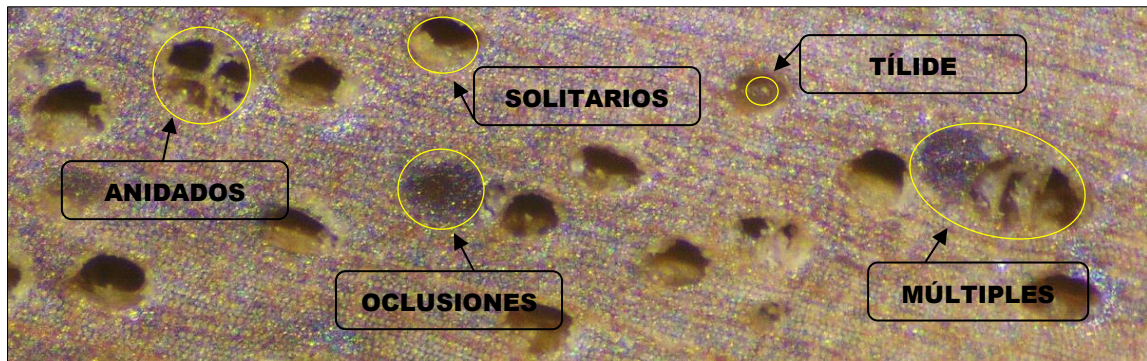
MUESTRA	SERIE	EDAD*	AÑOS DE SEQUÍA	AÑOS DE NO SEQUÍA	
				ANTERIOR	POSTERIOR
INDIVIDUO N°1	JUPA61A	49	1990	1988	1991
				1989	1992
INDIVIDUO N°2	JUPA65A	31	2016	2014	2017
				2015	2018
INDIVIDUO N°3	JUPA55A	36	1997	1995	1999
			1998	1996	2000
			2010	2008	2011
INDIVIDUO N°4	JUPA57A	52	2014	2009	2012
				2012	2015
INDIVIDUO N°5	JUPA04B	41	1982	1980	1984
			1983	1981	1985
			1994	1992	1995
			2004 2005	1993	1996
				2002	2006
2003	2007				
INDIVIDUO N°6	JUPA11B	36	1988	1986	1999
			2015	1987	2000
				2013	2016
				2014	2017

\* Edad aproximada de las muestras en años.

**Elaboración propia**

Se contabilizaron un total de 2118 vasos entre los años de sequía y no sequía (53 años), para los años de sequía se contabilizó un total de 385 vasos, mientras para los años de no sequía se contabilizaron un total de 1733 vasos entre agrupaciones y solitarios; los vasos presentaron porosidad difusa y semicircular. Se identificó un patrón de agrupamiento de poros múltiples y anidados con orientación dendrítica, en su mayoría contenían tílides, además se observó 52 vasos ocluidos (Figura N°21).

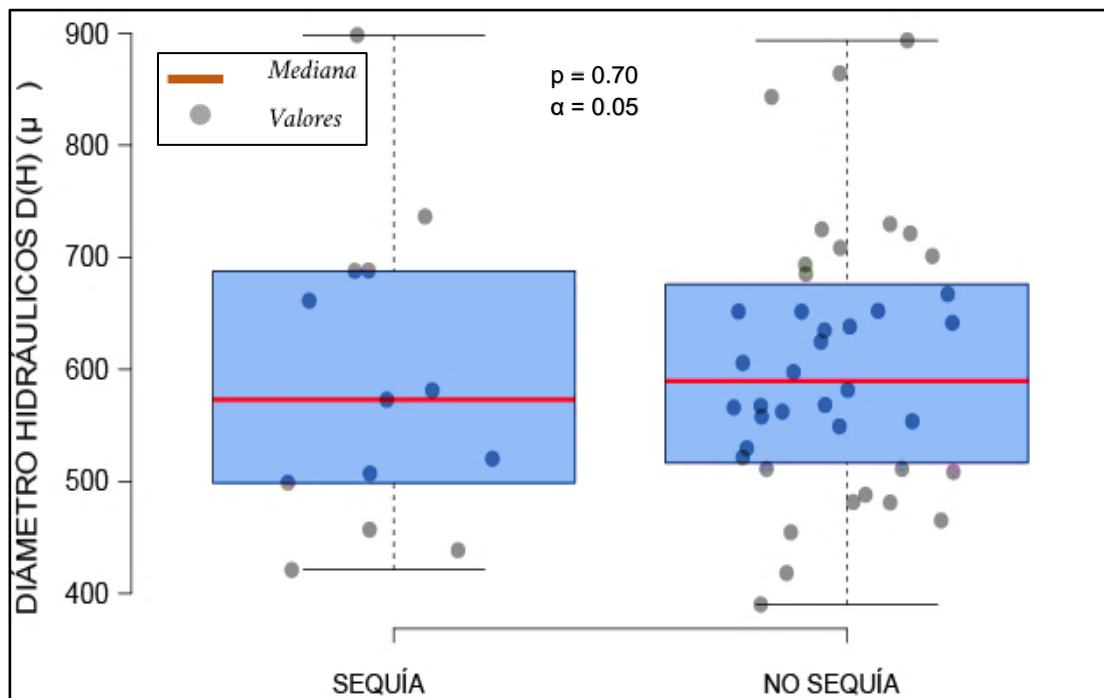




**Figura N°21. Vasos del xilema de Juglans neotropica**  
 Elaboración propia con cámara microscópica digital AmScope® x 10 Mpx y ImageJ v.1.53

#### 4.2.1.1 Diámetro hidráulico

En la Figura N°22, no se observan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las mediciones del diámetro hidráulico de los vasos para ambos eventos.



**Figura N°22. Prueba post-hoc de Tukey -  $D_H$**   
 Elaboración propia con BoxPlotR (78), ver Anexo 10

#### 4.2.1.2 Índice de vasos agrupados

En la Figura N°23, no se observan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las cantidades de vasos agrupados para ambos eventos.

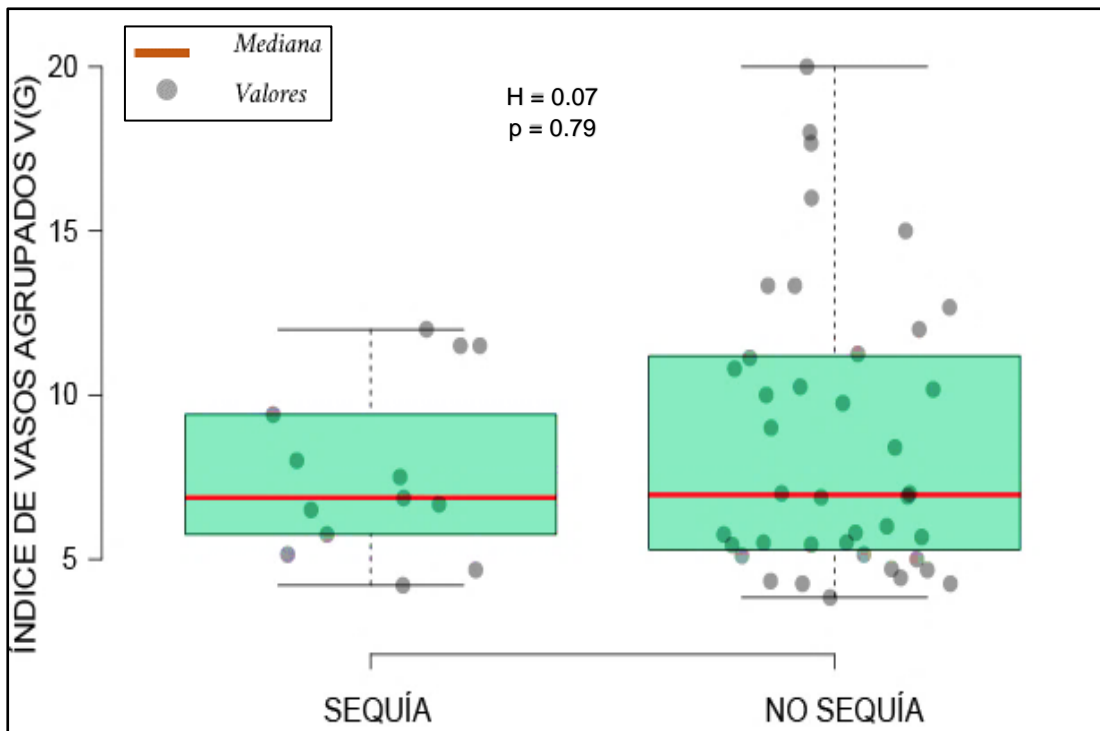


Figura 23. Prueba post-hoc de Tukey -  $V_G$   
Elaboración propia con BoxPlotR (78), ver Anexo 10

#### 4.2.1.3 Índice de vasos solitarios

En la Figura N°24, no se observan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las cantidades de vasos solitarios para ambos eventos.

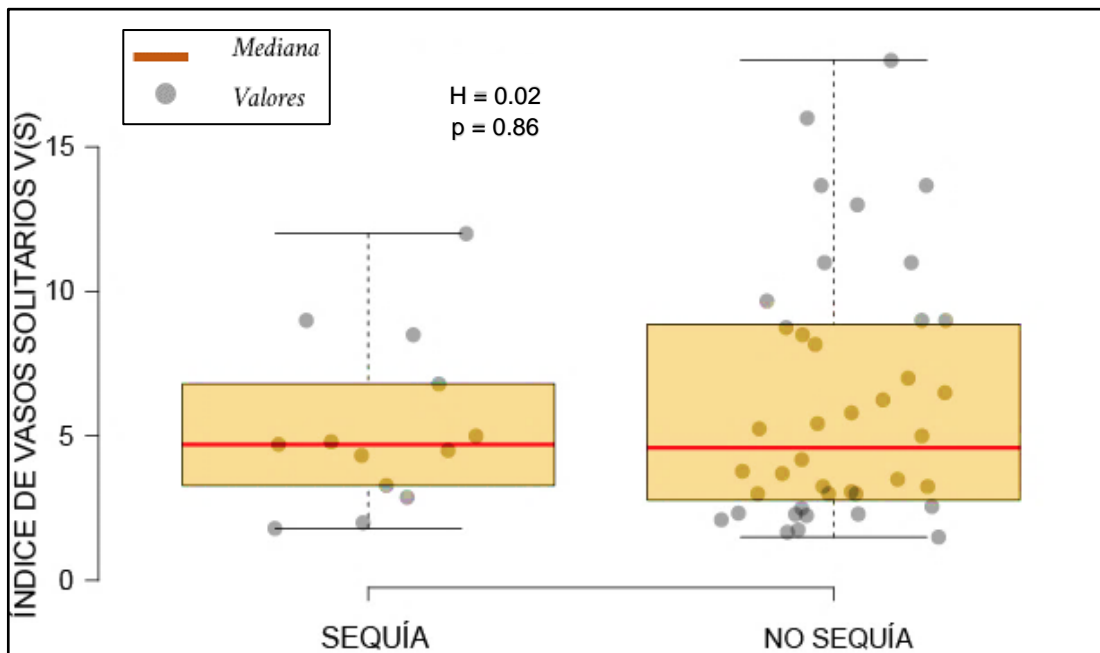


Figura N°24. Prueba post-hoc de Tukey -  $V_s$   
Elaboración propia con BoxPlotR (78), ver Anexo 10

#### 4.2.2 Caracteres anatómicos de los vasos - intensidad de sequías

En la Figura N°25 - a, no se observan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para el diámetro hidráulico de los vasos entre las sequías de intensidad moderada, severa y extrema, en la Figura N°25 - b, se observan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para el índice de vasos agrupados entre las sequías de intensidad moderada y severa con la extrema y en la Figura N°25 - c, se observan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para el índice de vasos solitarios entre las sequías de intensidad moderada y extrema.

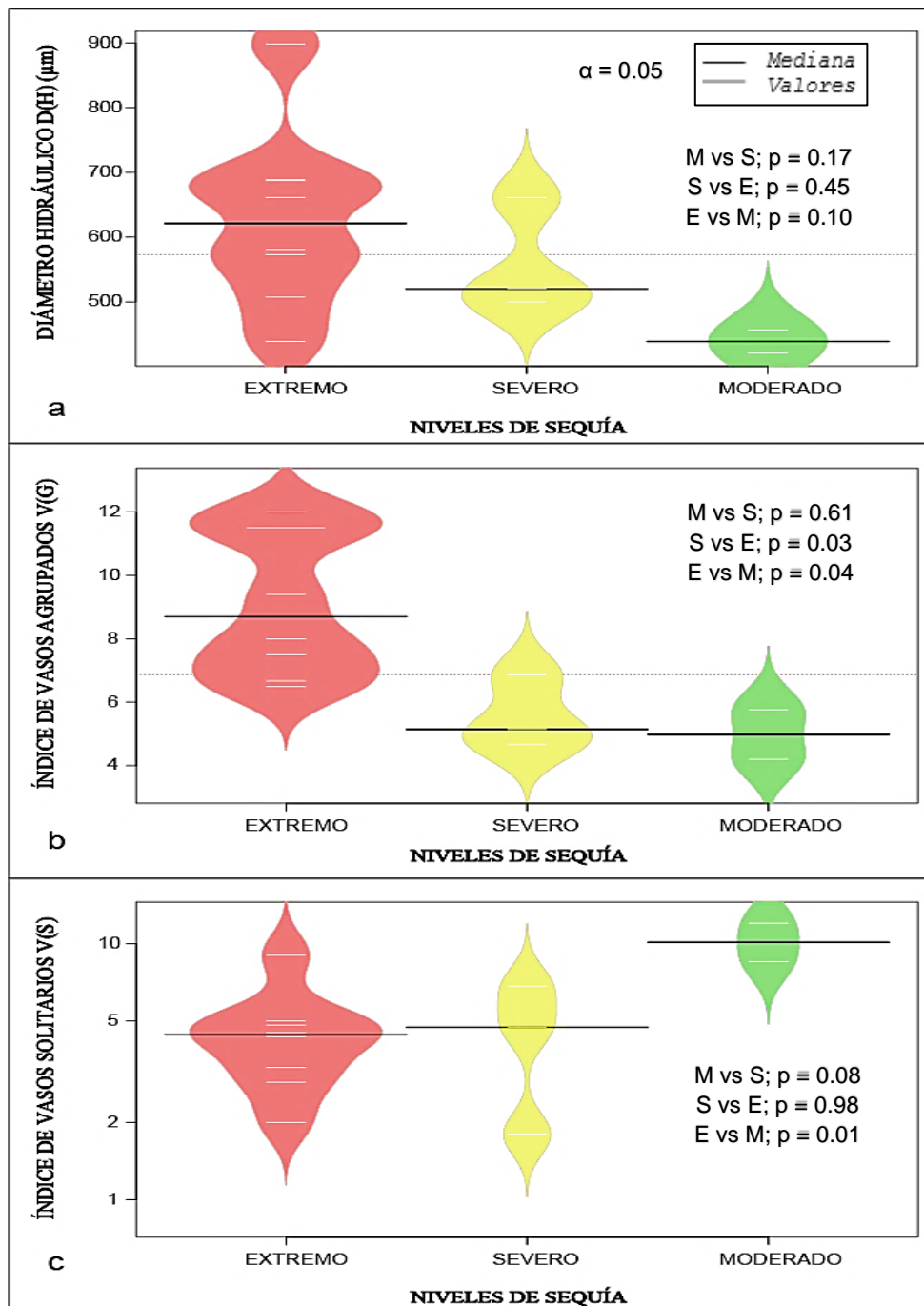


Figura N°25. Caracteres anatómicos de los vasos - intensidad de sequías  
Elaboración propia con BoxPlotR (78), ver Anexo 10



### 4.3 Discusión de resultados

La evaluación de los efectos de la variabilidad climática es especialmente importante en regiones donde las condiciones climáticas cambiantes provocarán una grave pérdida y degradación de la biodiversidad en los Bm-mo (52, 79). La estructura y composición característica de este tipo de vegetación están frecuente o persistentemente inmersos en neblina (lluvia horizontal) (80). Estos bosques suelen presentar una serie de características ecológicas que los distinguen de la selva baja, páramos o punas que están más raramente expuestos a la neblina (16, 81). El Perú se ubica el cuarto lugar a nivel mundial con mayor extensión de un Bm-mo, se encuentran hotspots con concentraciones excepcionales de plantas, animales y hongos endémicos, que se están viendo afectados por cambios drásticos como la pérdida del hábitat (82). En este tipo de vegetación se encuentran especies relicto - endémicas y de interés antrópico como *Juglans neotropica*, de las cuales se desconoce hasta la actualidad cómo se están adaptando a las variaciones climáticas (37).

En esta investigación se estimó mediante técnicas estándares de la dendrocronología (40) la influencia de la temperatura y precipitación en los anillos de crecimiento de *Juglans neotropica*, así como, se evaluaron parámetros específicos de los CAV del xilema ( $D_H$ ,  $V_G$  y  $V_S$ ), que se desarrollaron en años específicos de sequía (74). Al igual que en la mayoría del género *Juglans*, la anatomía de los anillos de crecimiento está bien definida y demarcada lo que la convierte en una especie potencial para cronologías precisas (37) por otro lado, la disposición de los vasos (solitarios y/o agrupados) con porosidad difusa en zonas tropicales, les permite ser hidráulicamente más eficientes en ambientes mésicos (45, 83).

#### 4.3.1 Construcción de cronología maestra

##### a) Cofechado

La intercorrelación de las 19 series (1969 - 2020) para *Juglans neotropica* en un Bm-mo es comparativa con la intercorrelación media con individuos de la misma especie estudiada en un bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT), con  $r = 0.344$  de 19 series (2003 - 2018) y en un bosque premontano húmedo bajo tropical (bp-BT) con  $r = 0.470$  de 34 series (1805 - 2009) (34), indican una buena calidad de las mediciones del ancho de anillo y el año asignado a cada uno.

La sensibilidad media de *Juglans neotropica* es comparativa con otras especies del Bm-mo como *Cedrela* sp. (SM = 0.491), *C. nebulosa* (SM = 0.363) y *C. angustifolia* (SM = 0.567) (84), lo que se sugiere que estas especies relictas - endémicas son adecuadas para estudios dendroclimáticos (16, 40).

#### **b) Cronología**

Los estadísticos sugieren que la cronología estándar es la cronología maestra, existe una fuerte señal común entre las series individuales de la cronología de *Juglans neotropica*, el valor de la EPS indica que la cantidad de muestras recolectadas es representativa para evaluar la señal climática, el  $R_{bar}$  mantiene una fuerte relación con el valor del intervalo común de correlación del cosechado y el SNR expresa una mínima perturbación del ruido causado por factores exógenos o endógenos, permitiendo maximizar la señal climática (40).

Comparado con otras cronologías del género *Juglans* a nivel mundial, *J. australis* del noroeste de Argentina, (85) describen una cronología media aproximada de 210 años (1700 - 1980) con valor de EPS  $\approx$  0.85, *J. australis* de la cuenca del río Bermejo en Argentina (86) con una cronología de 209 años (1709 - 1999) con valores de EPS = 0.93 y  $R_{bar}$  = 0.277, *J. cinerea* del sureste de Estados Unidos de América (87) con una cronología de 66 años (1937 - 2003), *J. nigra* del centro - sur de Estados Unidos de América en el estado de Indiana (88), menciona una cronología de 204 años (1806 - 2010) con valor de EPS  $\approx$  0.85 y *J. regia* de Kirguzstán en Asia Central (89) con una cronología de 190 años (1810 - 2000). Dicha información permite determinar una edad media aproximada de 176 años, comparado con la cronología de *Juglans neotropica*, la edad de los árboles muestreados son relativamente jóvenes; los estadísticos proporcionan información para evaluar confiablemente las cronologías de *Juglans* spp. (40) sin embargo, existen escasos estudios donde describan detalladamente los valores de EPS,  $R_{bar}$  y especialmente el SNR.

#### **4.3.2 Anillos de crecimiento – variables climáticas**

Las especies que componen el Bm-mo son especialmente sensibles a las variaciones climáticas a nivel regional, donde la temperatura influye considerablemente en el crecimiento radial (8, 90). Debido a que los árboles

almacenan energía en los parénquimas radiales y axiales para su crecimiento y futuros eventos fenológicos (40, 47), el crecimiento de anillos de *Juglans neotropica* coincide con brotes de floración (60).

En los resultados se observó que los anillos de crecimiento de *Juglans neotropica* presentan relación directa con las temperaturas promedio ( $T_{\text{PROM}}$ ) del mes de julio (-1) que corresponde a la estación de invierno, asimismo, las temperaturas máximas ( $T_{\text{MAX}}$ ) también presentan relación directa con el mes de julio (-1), y en los meses de setiembre (-1) y octubre (-1) que corresponden a la primavera temprana, siendo la temporada más calurosa del año con 24.2°C y 24.3°C respectivamente (Figura N°10), también se observó correlaciones considerables para los meses de noviembre (-1) y diciembre (-1) que corresponden a la primavera tardía y verano temprano respectivamente, coinciden con especies del Bm-mo del hemisferio sur como *Cedrela nebulosa* (34), *Cedrelinga cateniformis* (91) y *Zanthoxylum rhoifolium* (92). Asimismo, dicho efecto también concuerda con especies del hemisferio norte como *Fagus grandifolia* (93) y *Magnolia schiedeana* (28), donde la temperaturas promedio y máximas presentaron correlaciones positivas en el crecimiento radial durante la primavera. Las temperaturas mínimas ( $T_{\text{MIN}}$ ) presentan relación directa con el crecimiento radial de *Juglans neotropica* principalmente durante los meses de julio (-1) y agosto (-1) que corresponden a la estación de invierno, pertenece a la época más fría durante todo el año con 13.3°C y 13.6°C respectivamente, además, presentó correlación positiva para el mes de octubre (-1) con 15.7°C que corresponde a la estación de primavera, este comportamiento puede explicar que el crecimiento de anillos está dentro de un rango óptimo de la temperatura entre 13°C a 24°C.

Las correlaciones positivas ( $r > 0.50$ ) de las temperaturas ( $T_{\text{PROM}}$ ,  $T_{\text{MAX}}$  y  $T_{\text{MIN}}$ ) en el mes de julio (-1), indicarían el inicio del crecimiento de anillos (madera temprana), cabe mencionar que las correlaciones positivas ( $r > 0.50$ ) de la  $T_{\text{MAX}}$  en los meses de noviembre (-1) y diciembre (-1) del verano temprano son sustanciales en estimular crecimiento de anillos, mientras que las correlaciones negativas ( $r < -0.25$ ) en el mes de mayo del año siguiente que corresponden a la estación de otoño indican que el crecimiento de anillos ha culminado (madera tardía), entre los meses de enero a abril que corresponde a la estación de verano puede existir un crecimiento ralentizado

(40, 48), (Figura N°20), los resultados coinciden con las afirmaciones de Fritts respecto al crecimiento de árboles tropicales (8).

El RWI de *Juglans neotropica* estaría influenciado por la fluctuación de la temperatura estacional con un valor medio de  $r = 0.141$ ; la pérdida de agua y nutrientes a través de las estomas de las hojas por la evapotranspiración de los árboles se debe a principalmente a altas temperaturas (94), por tanto, existe una alta demanda hídrica en el lugar de estudio proveniente de la neblina o las precipitaciones, para compensar las funciones fisiológicas de ramificación, formación de azúcares y hojas (40, 51).

Por otro lado, las precipitación (PP) presentó relación inversa con el crecimiento de anillos para el mes de julio (-1), siendo el mes menos lluvioso durante todo el año con 60.49 mm/m<sup>2</sup> y para los meses de noviembre (-1), diciembre (-1) y enero del año siguiente, el primero corresponde a la primavera tardía y a los dos restantes a un verano temprano, son los meses más lluviosos durante todo el año, entre 225 mm/m<sup>2</sup> a 462 mm/m<sup>2</sup> respectivamente, este comportamiento anómalo no explica con precisión el crecimiento radial, el cual requiere evaluar la xilogénesis de la especie para una respuesta asertiva (95), en efecto, las precipitación no restringe el crecimiento de los anillos; sin embargo, difiere la respuesta climática según el gradiente altitudinal o en climas secos (32, 91), por ejemplo, los anillos de *Polylepis tarapacana* del altiplano, presentaron correlaciones positivas ( $r = 0.52$ ) con la precipitación (4); el crecimiento de anillos de una población de árboles estaría estrechamente sincronizado respecto al clima y difieren de otras poblaciones por las características topográficas (8, 32).

#### **4.3.3 Eventos históricos de sequía y no sequía**

La anatomía de los vasos del xilema juega un papel esencial en la ecología de los bosques que se desarrollan en ambientes con alta humedad (96), requieren una cuidadosa medición para análisis dendroecológico (45).

Los EHS no presentaron efecto significativo en los CAV en comparación con los años de no sequía sin considerar su intensidad, es decir los resultados no demuestran la vulnerabilidad de *Juglans neotropica* en condiciones secas; para los valores del  $D_H$  la eficiencia del transporte hídrico no se puede distinguir para ambos eventos (75, 97). Además, los valores del  $V_G$  e  $V_S$  en los años de sequía no son diferentes con los años sin sequía, si fuera el caso, la convergencia de los resultados demostrarían la resiliencia

de *Juglans neotropica*, es decir, la propiedad plástica de los vasos para deformarse convenientemente durante los eventos de sequía (45, 98). Se argumenta que a mayor formación de vasos agrupados y vasos solitarios con reducido diámetro hidráulico durante las sequías, garantizan la conducción de la cantidad necesaria de agua y sales minerales hasta la copa del árbol (75, 98, 99).

#### **4.3.4 Caracteres anatómicos de los vasos – intensidad de sequías**

Los análisis nos permiten determinar que los vasos reflejan efectos específicos de adaptación según la intensidad de las sequías.

Los resultados para el  $D_H$  (75, 95), indican que las sequías y su intensidad no presentan efecto significativo en los vasos, sin embargo, son susceptibles a embolismos, debido a que los vasos presentan porosidad con textura gruesa, es decir poros con diámetro mayor a  $300\ \mu\text{m}$  (47, 75, 96), en consecuencia forma oclusiones como los observados en la Figura N°21, son vasos obstruidos en su totalidad, según la magnitud del daño pueden secar las hojas o incluso causar la muerte del individuo (99).

En cuanto a los resultados obtenidos para el  $V_G$ , la especie es capaz de formar una cantidad aceptable de agrupaciones durante eventos de mayor déficit hídrico, esto permite un alto grado de la integración y transporte hídrico de vasos durante las sequías de intensidad extrema para evitar cavitaciones en comparación con las agrupaciones de vasos formados durante las sequías de intensidad severa y moderada (76, 98), sin embargo no se puede estimar la integración hidráulica de los vasos entre estas dos intensidades, *Cedrela* spp. (84) y *Magnolia* spp. (28) del Bm-mo también desarrollan este tipo de estrategias.

Para los resultados del  $V_S$ , los vasos solitarios formados en sequías de intensidad moderada, aseguran la conducción hídrica durante eventos de menor déficit hídrico, por ende, aumenta la resistencia mecánica de las paredes de los vasos (47, 100), lo que se interpreta como mayor seguridad hídrica que los vasos solitarios formados durante sequías de intensidad extrema que indican lo contrario, sin embargo, no se puede aseverar la seguridad hídrica de los vasos formados en las sequías de intensidad severa, existe la vulnerabilidad de *Juglans neotropica* según la intensidad de las sequías.

La capacidad de modificar los rasgos hidráulicos debería ser lo que determine la capacidad de una planta para sobrevivir en diferentes condiciones hídricas y, por tanto, influir en gran medida en la distribución de individuos en sitios particulares de los bosques (91, 101), lo que puede amortiguar la pérdida de la cobertura vegetal causado por el CC y eventos ENSO (102, 103).

Es preciso que la descripción de rasgos anatómicos indicativos en la madera de *Juglans neotropica* nos permita entender cómo son las relaciones de estructura - función de los Bm-mo con el clima. Estas directrices contribuyen a complementar información de parámetros específicos de los vasos, por tanto, es necesario evaluar el porcentaje del área de conductividad ( $P_{CA}$ ), densidad de los vasos ( $V_D$ ), fracción múltiple del vaso ( $F_{LC}$ ) e índice de composición del vaso ( $F_{VM}$ ) (75, 102), para encontrar diferencias significativas con los eventos de no sequía, se espera que los CAV puedan aportar mayor información de estrategias ecológicas exitosas de especies arbóreas para hacer frente al estrés hídrico.

## CONCLUSIONES

1. El clima influye en la anatomía de la madera de *Juglans neotropica* modificando el ancho de anillos y la arquitectura de los vasos del xilema.
2. La temperatura del invierno en julio es decisiva en el crecimiento de anillos, las temperaturas cálidas favorecen el ensanchamiento de los anillos; sin embargo, el aumento o disminución de las precipitaciones no es determinante en los anillos de crecimiento de *Juglans neotropica*.
3. Las sequías y su intensidad no inciden en el diámetro hidráulico  $D_H$  de los vasos, no obstante, las sequías de intensidad extrema y moderada optimizan la funcionalidad hidráulica del índice de vasos agrupados  $V_G$  e índice de vasos solitarios  $V_S$  de *Juglans neotropica* respectivamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ROQUETTE, José, LOBO, Francisco y CURADO, Leone. Dendroclimatology in the Amazon basin: Applications and potentialities. *Ciencia Florestal* [en línea], 1 de enero, 2019. 29 (1) 455–466. DOI 10.5902/1980509831995. [Fecha de consulta: 6 de febrero del 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.br/j/cflo/a/4mqzFTtVSN5qNFXYMq6B9pJ/abstract/?lang=pt>.
2. PEEL, M. , FINLAYSON, B. y MCMAHON, T. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2007. 11 (5) 1633–1644. DOI 10.5194/hess-11-1633-2007.
3. MENDONÇA, Magaly. Monzón Sudamericano : La Integración de la Circulación Amazónica y Altiplánica. *Dialogo andino*. 2017. 54, 21–30.
4. CRISPÍN DE LA CRUZ, Doris B, [et al]. High ENSO sensitivity in tree rings from a northern population of *Polylepis tarapacana* in the Peruvian Andes. *Dendrochronologia*. 1 de febrero, 2022. Vol. 71, p. 125902. DOI 10.1016/J.DENDRO.2021.125902.
5. PACHAURI, Rajendra K, [et al]. Cambio climático 2014, Informe de síntesis de apoyo técnico. *IPCC* [en línea], 2014. P. 157. [Fecha de consulta: 18 de febrero del 2022]. Disponible en: <http://www.ipcc.ch>.
6. RITA, Angelo, [et al]. Interpreting the climatic effects on xylem functional traits in two Mediterranean oak species: The role of extreme climatic events. *Frontiers in Plant Science*. 2 de agosto, 2016. 7, p. 1126. DOI 10.3389/fpls.2016.01126.
7. STAAL, Arie, [et al]. Feedback between drought and deforestation in the Amazon. *Environmental Research Letters* [en línea], 2 de abril, 2020. 15 (4), p. 044024. Fecha de consulta: 15 de febrero del 2022]. DOI 10.1088/1748-9326/ab738e. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab738e>.
8. FRITTS, Harold C. Dendroclimatology and Dendroecology. *Quaternary Research* [en línea], 1971, 1(4), 419-449. [Fecha de consulta: 15 de febrero del 2022]. DOI:10.1016/0033-5894(71)90057-3. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/quaternary-research/article/abs/dendroclimatology-and-dendroecology/07105BC70CFE929901EF8201D4B7580F>.



9. ARABE, Andrea, [et al]. Avances en la caracterización e identificación anatómica de los anillos de crecimiento de la especie *Junglans neotropica* Diels (Nogal) para estudios dendrocronológicos en el fundo La Génova, Junín (Perú). *Xilema* [en línea]. 2016. 24 (1), 5–11. Disponible en: <http://www.revistascientificasunalm.org/index.php/xilema/article/view/687%5Cn> <http://www.revistascientificasunalm.org/index.php/xilema/article/download/687/491>.
10. ESTEBAN, Erick J. y PEDRO, Marcelle S. Breve vistazo al impacto del cambio climático en el bosque amazónico. *Xilema* [en línea], 20 de diciembre, 2021. 31, 5–8. [Fecha de consulta: 20 de febrero del 2022]. DOI 10.21704/X.V31I1.1775. Disponible en: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/xiu/article/view/1775>.
11. GARAVITO, N. Tejedor, [et al]. Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas*. 2012. 21, 148–166.
12. HEIT, Guillermo, [et al]. Análisis espacial del riesgo de establecimiento de *Lymantria dispar* en bosques nativos de Sudamérica. *Bosque (Valdivia)* [en línea], 2014, 35 (2) [Fecha de consulta: 21 de febrero del 2022], pp.241-249. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-92002014000200012&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002014000200012&lng=es&nrm=iso). ISSN 0717-9200. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002014000200012>.
13. SULLIVAN, Martin J.P, [et al]. Long-term thermal sensitivity of earth's tropical forests. *Science* [en línea], 22 de mayo, 2020. 368 (6493), 869–874. [Fecha de consulta: 20 de febrero del 2022]. DOI 10.1126/science.aaw7578. Disponible en: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aaw7578>.
14. ESQUIVEL-MUELBERT, Adriane, [et al]. Compositional response of Amazon forests to climate change. *Global Change Biology*. 2019. 25, 39–56. DOI 10.1111/gcb.14413.
15. FONTI, Patrick y GARCÍA-GONZÁLEZ, Ignacio. Suitability of chestnut earlywood vessel chronologies for ecological studies. *New Phytologist*, 2004, 163, 77-86. DOI 10.1111/J.1469-8137.2004.01089.X
16. MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) PERÚ. *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal* [en línea]. 2015. Available from: <https://www.gob.pe/minam>.

17. YOUNG, Kenneth R. Bosques húmedos. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. 2006. p. 121-129.
  
18. RUTHSATZ, Barbara. Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. *Phytocoenologia* [en línea], 2012, 42 (3-4), 133-179 [Fecha de consulta: 23 de febrero del 2022], DOI: 10.1127/0340-269X/2012/0042-0535. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Barbara-Ruthsatz/publication/272144889\\_Vegetation\\_and\\_ecology\\_of\\_the\\_high\\_Andean\\_peatlands\\_of\\_Bolivia/links/55c1eefc08aed9df2a60ea3/Vegetation-and-ecology-of-the-high-Andean-peatlands-of-Bolivia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Barbara-Ruthsatz/publication/272144889_Vegetation_and_ecology_of_the_high_Andean_peatlands_of_Bolivia/links/55c1eefc08aed9df2a60ea3/Vegetation-and-ecology-of-the-high-Andean-peatlands-of-Bolivia.pdf).
  
19. IUCN Red List of threatened species [en línea]. 2005. [Fecha de consulta: 25 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/es/>.
  
20. SHEPPARD, Paul R. Dendroclimatology: Extracting climate from trees. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* [en línea]. 1 de mayo, 2010. 1(3), 343–352. [Fecha de consulta: 26 de febrero del 2022]. DOI 10.1002/wcc.42. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wcc.42>.
  
21. TOMAZELLO, Mario, ROIG, Fidel y ZEVALLOS, Percy. Dendrocronología y dendroecología tropical: marco histórico y experiencias exitosas en los países de América Latina. *Ecología en Bolivia: revista del Instituto de Ecología*. 2009. 44(2), 73–82.
  
22. JURO, Susy, [et al]. Efecto cicatrizante de las diferentes formas farmacéuticas típicas elaboradas con el extracto hidroalcohólico de *Juglans neotropica* Diels (nogal) en ratones albinos. *Folia dermatol* [en línea], 2010. 21, 19–24. Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/fofia/vol21\\_n1/pdf/a04v21n1.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/fofia/vol21_n1/pdf/a04v21n1.pdf).
  
23. MASIAS, Katia. Caracterización de las propiedades tintóreas del extracto de nogal (*Juglans neotropica* Diels) proveniente de la cuenca alta del río Zaña. [en línea]. 2007. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/482>.
  
24. VEINTIMILLA, RA Ramos, GAMBOA, O.Murillo y GALLO, L.A. Potencial de mejoramiento genético en *Juglans neotropica* Diels, a los 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo. *KnE Engineering* . [en línea], 26 de enero, 2020, 562–575–562–575 [Accedido el 26 de febrero del 2022]. DOI 10.18502/KEG.V5I2.6278. Disponible en: <http://52.59.210.70/index.php/KnE-Engineering/article/view/6278>.

25. LÓPEZ-AYALA, José, [et al]. Anillos de crecimiento y su periodicidad en tres especies tropicales del Estado de Colima, México. *Agrociencia* [en línea], 2006. 40(4), 533–544. [Fecha de consulta: 28 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2043079&info=resumen&idioma=SPA>.
26. REA, B. R. Blockfields (Felsenmeer). *Encyclopedia of Quaternary Science: Second Edition* [en línea]. Elsevier, 2013. p. 523–534. [Fecha de consulta: 28 de febrero del 2022]. ISBN 9780444536433. Disponible en: <https://abdn.pure.elsevier.com/en/publications/blockfields-felsenmeer>.
27. ORTEGA ARROYO, Edgar Jesús, [et al]. Reconstrucción de algunas sequías a través de anillos de crecimiento para el norte de México. *Revista mexicana de ciencias forestales* [en línea], 2018, 9 (50), 439-462. [Fecha de consulta: 29 de febrero del 2022]. DOI 10.29298/RMCF.V9I50.254. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322018000600439](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322018000600439).
28. RODRIGUEZ-RAMIREZ, Ernesto, [et al]. Drought effects on the plasticity in vessel traits of two endemic *Magnolia* species in the tropical montane cloud forests of eastern Mexico. *Journal of Plant Ecology*. 2020. 13 (3), 331–340. DOI 10.1093/jpe/rtaa019.
29. CARTUCHE , Keyla. Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas. Tesis (Título de Ingeniera Forestal). Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2022.
30. JINAGOOL, Wanploy, [et al]. “¿Existe variabilidad en la vulnerabilidad del xilema a la cavitación en cultivares y especies de nogales (*Juglans* spp.)? *HortScience*. 2018. 53 (2), 132–137. DOI 10.21273/HORTSCI12350-17.
31. ARMIJOS, Andrés, [et al]. Anatomía de la madera de diez especies forestales de bosque andino del sur del Ecuador. *Cedamaz* [en línea], 2017. 7, 83–95. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/375/330>.

32. FERRERO, María Eugenia, [et al]. Respuestas del crecimiento de los árboles a través de gradientes ambientales en los bosques argentinos subtropicales. *Plant ecology* [en línea], 2013, vol. 214, no 11, p. 1321-1334. [Fecha de consulta: 29 de febrero del 2022]. DOI <https://doi.org/10.1007/s11258-013-0254-2>. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11258-013-0254-2#citeas>.
33. YAMAN, B. Variación de las características cuantitativas de elementos del vaso en la madera de *Juglans regia* en la región occidental del Mar Negro, Turquía. *Agrociencia* [en línea]. 2008. 42 (1977), 352–365. [Fecha de consulta: 01 de marzo del 2022]. Disponible en: <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2008/abr-may/art-10.pdf>.
34. EGÜES, Andrea. Caracterización anatómica de la madera y dendrocronología de *Juglans neotropica* Diels de áreas ribereñas de la provincia de Chachapoyas, Amazonas. Tesis (Título de Ingeniera Forestal). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2021. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4771/egues-nicoletti-andrea-adriana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
35. HUMANES-FUENTE, V, [et al]. Dos siglos de variabilidad hidroclimática reconstruidos a partir de registros de anillos de árboles sobre los Andes amazónicos del Perú. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 27 de setiembre, 2020, 125 (18). DOI 10.1029/2020JD032565.
36. ADAL, Lizandro, [et al]. Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central, Perú. *Rev. Biol. Trop. Int. J. Trop. Biol.* 2013, 61 (3), 1025-1037. ISSN-0034-7744.
37. BELTRAN, Lizandro y VALENCIA, Gina. Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central, Perú. *Rev. biol. trop* [en línea]. 2013, 61 (3) [Fecha de consulta: 03 de marzo del 2022], pp.1025-1037. Available from: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442013000400004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000400004&lng=en&nrm=iso). ISSN 0034-7744.

38. INGA, Janet. Turno biológico de corta en *Juglans neotropica* Diels, a partir del análisis de anillos de crecimiento en selva central del Perú. Tesis (Título de Ingeniera Forestal y Ambiental). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2011, 88 pp.
39. CARLOSAMA, Lisseth y HERRERA, Madison. Dendroclimatología tropical sobre la región amazónica: Mera, Pastaza. [en línea], 2019. [Fecha de consulta: 28 de febrero del 2022]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17694>.
40. JAMES H.. *Fundamentals of tree-ring research*. University of Arizona Press, 2010.
41. GONÇALVES, Gerardo. Cronología en *Pinus pinea* L. para la región de Alentejo Central en Litoral, Portugal: Alto de S. Bento y Aldeia do Pico. 2010.
42. GIRALDO, Jorge. Dendrocronologia no trópico: aplicações atuais e potenciais. *Colombia Forestal* [en línea].2015. [Fecha de consulta: 02 de marzo del 2022]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-07392011000100009&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-07392011000100009&script=sci_abstract&tlng=pt).
43. FRITTS, Harold C. Tree-ring evidence for climatic changes in western North America. *Monthly Weather Review* [en línea], 1965, 93 (7), 421-443. [Fecha de consulta: 28 de febrero del 2022]. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1965\)093<0421:TREFCC>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1965)093<0421:TREFCC>2.3.CO;2). Disponible en: [https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/93/7/1520-0493\\_1965\\_093\\_0421\\_trefcc\\_2\\_3\\_co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/93/7/1520-0493_1965_093_0421_trefcc_2_3_co_2.xml).
44. GUTIERREZ, Genaro y RICKER, Martin. Manual para tomar virutas de madera con el barreno de Pressler en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos. 2015. Abril, 2014, p. 29. DOI 10.13140/RG.2.1.2730.9925.
45. RODRÍGUEZ, Ernesto y LUNA, Isolda. Dendroecology as a research tool to investigate climate change resilience on *Magnolia vovidesii*, a threatened Mexican cloud forest tree species of eastern Mexico. *Latin American Dendroecology: combining tree-ring sciences and ecology in a megadiverse territory*. 1st. Switzerland : Springer International Publishing, 2020. p. 3–20.

46. EWERS, Frank y CARLQUIST, Sherwin. *Comparative Wood Anatomy: Systematic, Ecological, and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood*. 1990. ISBN 9783642074387. Nosophinium Hawaiian violets.
47. GIMENEZ, Ana, [et al]. *Anatomía de [la] madera* [en línea]. 2. Argentina : Universidad Nacional de Santiago del Estero, 2014. ISBN 9789871676088. Disponible en: <https://sites.google.com/site/tecnologiadelamadera/el-arbol/anatomia-del-arbol>.
48. MEDINA, Andrea y ORLOV, Diana. El “Reino” de los árboles. *Desde la patagonia. Difundiendo saberes* [en línea], 2021, 18 (31), 32-32. [Fecha de consulta: 02 de marzo del 2022]. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1667-782X2018000200010](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2018000200010).
49. RACHMAN, Tahar. *Manual para la Identificación Anatómica de Especies Maderables*, [en línea]2018. Quito – Ecuador. Disponible en: [https://www.proamazonia.org/wp-content/uploads/2021/05/GUIA-DENDROLOGIA-Y-ANATOMIA-DE-LA-MADERA-V4-WEB-1\\_compressed.pdf](https://www.proamazonia.org/wp-content/uploads/2021/05/GUIA-DENDROLOGIA-Y-ANATOMIA-DE-LA-MADERA-V4-WEB-1_compressed.pdf).
50. TOVAR, Antonio, [et al]. Yungas peruanas – Bosques montanos de la vertiente oriental de los Andes del Perú: una perspectiva ecorregional de conservación. 2010.
51. PÉREZ, Oscar, [et al]. The Andes through time: evolution and distribution of Andean floras. *Trends in Plant Science*. 2022. 27 (4), 364–378. DOI 10.1016/j.tplants.2021.09.010.
52. MENDOZA, Abel y GUERRERO, Marleni. Catálogo de los árboles y afines de la Selva Central del Perú. *Arnaldoa*, 2010, 17, 203-242.
53. GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO [IPCC]. Cambio Climático 2013. Bases físicas. Resumen para responsables de políticas Resumen técnicos y Preguntas frecuentes. 2013.
54. GÓMEZ, Teo; ROMANILLOS, Pere. El cambio climático. Océano Ambar, 2012.
55. GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO [IPCC]. Informe Del Grupo Intergubernamental De Expertos Sobre El Cambio Climático [en línea]. 2014.

56. PÖRTNER, Hans-O. Impacts, Adaptation and Vulnerability. 2022.
57. KURTZ, Ditmar, [et al]. *El fenómeno EL NIÑO en el Perú*. 1998.
58. SERRANO, Sheila, [et al]. Análisis de inundaciones costeras por precipitaciones intensas, cambio climático y fenómeno de El Niño. Caso de estudio: Machala. *La Granja*. 2016. 24, (2). DOI 10.17163/lgr.n24.2016.04.
59. SENAMHI - Perú. [en línea]. [Fecha de consulta: 05 de marzo del 2022]. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-meteorologico>.
60. VANEGAS, Esaú y ROJAS, Isabel. Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas Andinas. *Madera Bosques*. 2018. 24, 1–15. DOI 10.21829/myb.2018.2411560.
61. BETANCUR, Julio y GARCÍA, Néstor. *Libro rojo de plantas de Colombia* [Fecha de consulta: 17 de marzo del 2022]. 2006. ISBN 978-958-8151-79-3. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/18735>.
62. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos. y BAPTISTA, Pilar. *Metología de la Investigación*. 6ª edición. México D.F, 2014. ISBN 9781456223960.
63. RAMÓN, Ruiz. *El Metodo Científico y sus Etapas*. Interamericana, 2007.
64. ARCMAP | ArcGIS Desktop. [en línea]. [Fecha de consulta: 05 de abril del 2022]. Disponible en: <https://desktop.arcgis.com/es/desktop/>.
65. LEÓN, Blanca, PITMAN, Nigel y ROQUE, José. Introducción a las plantas endémicas del Perú. *Revista peruana de biología* [en línea], 2006, vol. 13, no 2, p. 9-22. [Fecha de consulta: 07 de abril del 2022]. ISSN 1727-9933. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332006000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332006000200004&script=sci_arttext).
66. CHELSA CLIMATE – High-resolution climatologies for the planet's land surfaces. [en línea]. [Fecha de consulta: 08 de abril del 2022]. Disponible en: <https://chelsa-climate.org/>.
67. GLOCK, Waldo S. y SCHULMAN, Edmund. *Dendroclimatic Changes in Semiarid America*. 1st. Tucson, AZ, USA : University of Arizona Press, 1957.

68. TSAP-Win™ - RINNTECH. [en línea]. [Fecha de consulta: 02 de marzo del 2022]. Disponible en: <https://rinntech.info/products/tsap-win/>.
69. ADOBE ILLUSTRATOR. Software de gráficos vectoriales líder del sector | [en línea]. 19 noviembre, 2018. 373 (1760). [Fecha de consulta: 13 de abril del 2022]. Disponible en: <https://www.adobe.com/la/products/illustrator.html>.
70. GRISSINO-MAYER, Henri. Evaluation cross-dating accuracy. *Tree-ring research*. 2001. 57 (2), 205–221.
71. RSTUDIO | Open source & professional software for data science teams - RStudio. [en línea]. [Fecha de consulta: 08 de junio del 2022]. Disponible en: <https://www.rstudio.com/>.
72. GUIOT, J. Research Report: The Bootstrapped Response Function. *Tree-ring Bulletin*. 1991. 51, 39–41.
73. EFRON, B. y TIBSHIRANI, R. Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals, and other measures of statistical accuracy. *Statistical Science* [en línea]. 1986. [Fecha de consulta: 10 de abril del 2022]. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2245500>.
74. JIMENEZ, Juan C., [et al]. Spatio-temporal patterns of thermal anomalies and drought over tropical forests driven by recent extreme climatic anomalies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* [en línea]. 2018, 373 (1760). [Fecha de consulta: 12 de abril del 2022]. DOI 10.1098/rstb.2017.0300. Disponible en: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2017.0300>.
75. SCHOLZ, Alexander, [et al]. How to quantify conduits in wood? *Frontiers in Plant Science*. 2013. 4, 1–11. DOI 10.3389/fpls.2013.00056.
76. VON-ARX, Georg, KUEFFER, Christoph y FONTI, Patrick. Quantifying plasticity in vessel grouping - Added value from the image analysis tool ROXAS. *IAWA Journal*. 2013, 34 (4), 433–445. DOI 10.1163/22941932-00000035.
77. SOFTWARE: SIGMAPLOT 14.5. [en línea]. [Fecha de consulta: 16 de abril del 2022]. Disponible en: <https://www.addlink.es/productos/sigmaplot>.



78. BOXPLOTTR: una herramienta web para la generación de diagramas de caja. [en línea]. [Accedido el 17 de abril del 2022]. Disponible en: <http://shiny.chemgrid.org/boxplotr/>.
79. RAHBEK, Carsten, [et al]. Humboldt's enigma: What causes global patterns of mountain biodiversity?. *Science*. 2019, 365 (6458), 1108–1113. DOI 10.1126/science.aax0149.
80. VEGA, Isolda, [et al]. Historical relationships of the Mexican cloud forests: a preliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of Endemicity to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography* [online]. 1999, 26 (6), 1299–1305. [Fecha de consulta: 10 de mayo del 2022]. DOI 10.1046/J.1365-2699.1999.00361.X. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2699.1999.00361.x>
81. REQUENA-ROJAS, E. J., MORALES, M. y VILLALBA, R. Dendroclimatological assessment of *Polylepis rodolfo-vasquezii*: A novel *Polylepis* species in the Peru highlands. *Dendrochronologia*. 2020, 62. DOI 10.1016/j.dendro.2020.125722.
82. BAX, Vincent, CASTRO-NUNEZ, Augusto y FRANCESCONI, Wendy. Assessment of potential climate change impacts on montane forests in the peruvian andes: Implications for conservation prioritization. *Forests*. 2021, 12 (3), 1–15. DOI 10.3390/f12030375.
83. HACKE, Uwe. *Functional and ecological Xylem anatomy*. 2015. ISBN 9783319157832.
84. ACEVEDO, Ingrith. Identificación de la variable climática que controla el crecimiento de *Cedrela* sp., *Cedrela nebulosa* T.D. y *Cedrela angustifolia* C. DC.; en los bosques montanos del Perú. Tesis (Título de Ingeniera Forestal). Huancayo – Perú: Universidad Alas Peruanas, 2018, 109 pp.
85. VILLALBA, Ricardo, [et al]. Intensificación de la circulación atmosférica meridional en la región subtropical de América del Sur inferida a partir de registros dendroclimatológicos. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* [en línea], 1998, 27 (3), 565-579. [Fecha de consulta: 24 de abril del 2022]. Disponible en: [https://www.persee.fr/doc/bifea\\_0303-7495\\_1998\\_num\\_27\\_3\\_1311](https://www.persee.fr/doc/bifea_0303-7495_1998_num_27_3_1311).

86. FERRERO, María, [et al]. Tree-ring based reconstruction of Río Bermejo streamflow in subtropical South America. *Journal of Hydrology*. 2015, 525, 572–584. DOI 10.1016/j.jhydrol.2015.04.004.
87. CLARK, Stacy L, [et al]. Dendrochronology of two butternut (*Juglans cinerea*) populations in the southeastern United States. *Forest Ecology and Management*. 2008, 255, (5–6), p. 1772–1780. DOI 10.1016/j.foreco.2007.11.040.
88. MAXWELL, Justin T. The Benefit of Including Rarely-Used Species in Dendroclimatic Reconstructions: A Case Study Using *Juglans nigra* in South-Central Indiana, USA. *Tree-Ring Research* [en línea], 1 de Enero, 2016, 72, 44–52. [Fecha de consulta: 25 de abril del 2022]. DOI 10.3959/1536-1098-72.01.44. Disponible en: <https://meridian.allenpress.com/trr/article/72/1/44/130088/>.
89. PARDON, P., [et al]. *Juglans regia* (walnut) in temperate arable agroforestry systems: effects on soil characteristics, arthropod diversity and crop yield. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 1 de Octubre, 2020. 35 (5), 533–549. DOI 10.1017/S1742170519000176.
90. RODRÍGUEZ, Ernesto, LUNA, Isolda y ROZAS, Vicente. Tree-ring research of mexican beech (*Fagus grandifolia* subsp. *Mexicana*) a relict tree endemic to Eastern Mexico. *Tree-Ring Research* [en línea]. 2018,74, 94–107. DOI 10.3959/1536-1098-74.1.94. Disponible en: <http://www.bioone.org/doi/10.3959/1536-1098-74.1.94>
91. CAMPOS ZUMAETA, Luis. Dendrocronología en árboles de Tornillo, *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Fabaceae), del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera en el noreste de la Amazonia, Región Loreto – Perú [en línea]. 2009. P. 1–129. Disponible en: <http://iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/PUBL491.pdf>.
92. COLINA, H. Dendrología de la especie *Zanthoxylum rhoifolium*, en un bosque de terraza alta en la región Madre de Dios [en línea]. 2020. Disponible en: <http://190.116.37.5/handle/UNAMAD/606>.
93. CUAPIO HERNANDEZ, Liliana [et al]. Anatomía de la madera de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* (Fagaceae), especie endémica de México. *Act. Bot. Mex* [en línea], 2022, 129. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2022]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-71512022000100114&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512022000100114&lng=es&nrm=iso). Epub 11-Jul-2022. ISSN 2448-7589. DOI <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1989>.

94. BACH, Kerstin [et al]. Vegetación, suelos y clima en los diferentes pisos altitudinales de un bosque montano de Yungas, Bolivia: Primeros resultados. *Ecología en Bolivia* [en línea], 2003, 38, 3-14..[ Fecha de consulta: 05 de mayo del 2022]. Disponible en: <[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282003000100002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282003000100002&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1605-2528.
95. CHEN, Yizhao, [et al]. Inter-annual and inter-species tree growth explained by phenology of xylogenesis. *New Phytologist* [en línea] 2022, 235 (3), 939-952. [Accedido el 05 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/nph.18195>. DOI <https://doi.org/10.1111/nph.18195>.
96. ISLAM, Mahmuda, RAHMAN, Mizanur y BRÄUNING, Achim. Xylem anatomical responses of diffuse porous *Chukrasia tabularis* to climate in a South Asian moist tropical forest. *Forest Ecology and Management*. 2018. DOI 10.1016/j.foreco.2018.01.035.
97. MONTANO-ARIAS, Susana Adriana, [et,al]. Ecoanatomía de la madera de dos taxa mexicanos del género *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae). *Act. Bot. Mex* [en línea], 2017, n.118 [Fecha de consulta: 08 de mayo del 2022]. pp.105-120. Disponible en: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-71512017000100105&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512017000100105&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 2448-7589. DOI <https://doi.org/10.21829/abm118.2017.1203>.
98. LEON H, Williams J. Anatomía ecológica del xilema secundario de un bosque seco tropical de Venezuela. *Acta Bot. Venez.* [en línea], 2005, 28 (2), 257-274 [Accedido el 10 de mayo del 2022]. Disponible en: <[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0084-59062005000200006&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0084-59062005000200006&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0084-5906.
99. GARCÍA, Ignacio, SOUTO, Manuel y CAMPELO, Filipe. Ring-porosity and earlywood vessels: a review on extracting environmental information through time. *IAWA Journal* [en línea], 2016, 37 (2), 295–314 [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2022]. p. . Disponible en: [https://brill.com/view/journals/iawa/37/2/article-p295\\_11.xml](https://brill.com/view/journals/iawa/37/2/article-p295_11.xml) DOI 10.1163/22941932-20160135.

- 100.** MOGLIA, Juana Graciela y LÓPEZ, Carlos Raúl. Estrategia adaptativa del leño *Aspidosperma quebracho blanco*. *Madera y bosques* [en línea] 2001, 7 (2), 13-25. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/617/61770203.pdf>.
- 101.** OGAYA, R., [et al]. Mortalitat de troncs i decaïment forestal a l'alzinar mediterrani. Universitat Autònoma de Barcelona [en línea]. abril, 2016. [Fecha de consulta: 27 de abril del 2022]. Disponible en: <https://www.recercat.cat/handle/2072/504687#>.
- 102.** BLUNDO, Cecilia., [et al]. Taking the pulse of Earth's tropical forests using networks of highly distributed plots. *Biological Conservation*. 2021, 260. DOI 10.1016/j.biocon.2020.108849.
- 103.** GASSON, Peter. Automatic Measurement of Vessel Lumen Area and Diameter With Particular Reference to Pedunculate Oak and Common Beech. *IAWA Journal*. 2014, 6 (3), 219–237. DOI 10.1163/22941932-90000941.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Bosque de montaña montano del Perú



## Anexo 2

### Individuo vivo de *Juglans neotropica*





### Anexo 3

#### Toma de muestras con barreno de Pressler



### Anexo 4

#### Lijado de las muestras



### Anexo 5

#### Datación visual





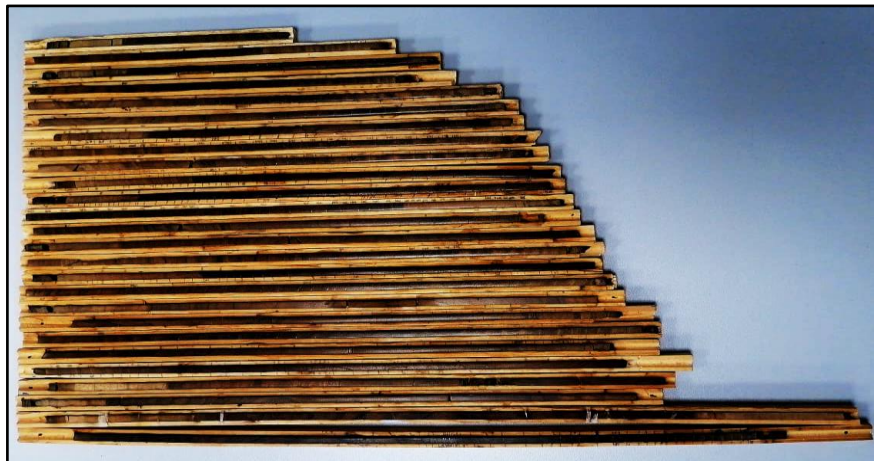
**Anexo 6**  
**Fechado de muestras**



**Anexo 7**  
**Núcleos de incremento para análisis dendroecológico**



**Anexo 8**  
**Núcleos de incremento para análisis dendroclimatológico**



**Anexo 9**  
**Núcleos de incremento descartados**





**Anexo 10**  
**Base de datos**

**CHELSEA CLIMATE – PRECIPITACIÓN (mm/m<sup>2</sup>)**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>1980</b>	305.17	326.08	336.36	138.62	60.56	41.53	47.38	43.14	76.02	198.50	178.08	231.99
<b>1981</b>	369.55	460.91	309.37	107.20	55.84	78.73	152.51	164.44	89.33	293.62	426.50	553.79
<b>1982</b>	818.47	316.00	522.52	271.52	123.00	119.59	111.55	94.62	136.56	267.89	420.34	505.33
<b>1983</b>	605.15	304.35	526.76	175.78	226.16	101.61	75.40	55.58	91.33	235.56	335.17	322.50
<b>1984</b>	698.39	450.01	406.49	204.12	119.04	139.12	107.62	88.74	93.81	169.50	418.29	329.55
<b>1985</b>	544.25	563.96	227.61	208.96	41.74	36.59	85.41	45.46	136.56	149.38	340.10	568.11
<b>1986</b>	481.89	646.60	482.86	184.28	134.65	29.51	49.99	68.28	93.80	123.09	182.78	506.32
<b>1987</b>	756.78	309.41	292.06	190.16	119.37	47.87	68.45	34.88	90.71	150.94	234.74	415.20
<b>1988</b>	517.97	286.34	397.75	164.15	150.74	39.07	54.79	33.37	102.29	144.08	148.54	535.71
<b>1989</b>	1106.20	587.45	383.51	419.51	196.72	110.31	48.42	102.22	140.11	340.91	223.90	346.60
<b>1990</b>	842.38	472.16	294.59	159.34	482.41	198.76	159.67	237.04	203.67	420.26	387.51	414.06
<b>1991</b>	649.73	326.94	516.44	257.28	94.76	117.17	24.15	14.98	117.37	187.02	248.43	372.83
<b>1992</b>	348.17	496.94	410.90	208.13	201.71	302.80	54.33	302.70	284.57	197.40	298.97	384.48
<b>1993</b>	715.15	537.95	458.70	303.95	162.38	55.93	114.15	219.13	201.84	247.51	458.34	850.05
<b>1994</b>	928.97	871.71	554.51	315.66	138.15	13.68	41.26	48.78	117.34	307.69	227.94	625.40
<b>1995</b>	592.40	509.53	457.01	161.42	43.06	27.52	52.43	35.11	70.80	141.06	197.14	188.92
<b>1996</b>	736.54	496.69	601.57	265.53	73.42	91.16	47.71	72.16	32.71	166.71	94.15	240.99
<b>1997</b>	268.27	286.46	132.22	60.20	83.33	23.52	28.68	121.12	125.44	210.17	191.39	442.01
<b>1998</b>	231.85	420.76	246.85	124.17	64.90	29.47	6.96	61.93	117.07	198.46	196.90	259.26
<b>1999</b>	346.76	441.03	293.17	119.99	53.33	28.42	18.98	40.75	212.83	96.81	124.71	395.30
<b>2000</b>	378.27	346.86	444.58	145.38	47.76	39.84	37.41	61.94	101.68	101.32	138.23	207.65
<b>2001</b>	453.73	338.95	276.28	96.35	36.83	6.98	38.07	22.88	114.88	170.35	156.96	227.79
<b>2002</b>	242.82	369.33	293.60	107.11	73.82	11.80	102.18	50.41	114.26	144.50	275.76	352.34

<b>2003</b>	382.45	230.32	377.09	114.68	68.31	58.77	23.97	58.95	82.35	62.28	126.55	309.94
<b>2004</b>	232.71	366.41	181.85	94.26	115.54	30.71	60.67	70.92	55.57	146.57	234.22	231.00
<b>2005</b>	164.84	162.60	272.95	84.48	19.57	19.57	47.27	35.49	50.43	211.39	116.43	456.57
<b>2006</b>	413.79	248.85	231.16	113.72	31.26	72.08	34.66	41.82	62.64	236.67	228.64	418.81
<b>2007</b>	246.11	286.01	416.13	55.72	156.47	18.69	54.48	73.42	23.09	122.94	177.66	307.60
<b>2008</b>	569.96	256.36	197.69	127.62	89.32	150.98	30.35	28.36	81.10	280.26	114.32	102.11
<b>2009</b>	238.23	187.17	129.16	130.95	131.32	35.21	51.60	24.52	42.30	115.53	110.77	265.18
<b>2010</b>	111.68	219.60	160.17	70.51	87.35	26.49	51.16	82.39	61.00	112.26	154.20	249.98
<b>2011</b>	283.65	403.12	338.11	65.94	101.53	72.86	80.16	85.09	153.53	181.77	260.73	309.19
<b>2012</b>	167.87	406.03	223.84	103.80	71.02	45.89	38.50	52.19	47.43	94.16	177.93	319.68
<b>2013</b>	157.83	217.43	173.54	87.93	100.00	79.43	54.70	74.64	41.72	247.47	225.47	553.14
<b>2014</b>	343.35	324.21	315.83	96.07	232.95	98.99	57.35	31.84	108.76	186.83	330.34	307.52
<b>2015</b>	306.85	342.71	170.56	56.22	215.83	116.56	131.43	101.78	145.54	92.66	171.81	283.96
<b>2016</b>	314.56	741.26	207.67	91.88	70.03	72.41	24.35	98.07	103.52	103.04	234.28	220.25
<b>2017</b>	680.80	420.13	587.13	152.33	255.41	84.75	56.67	102.87	71.22	246.06	76.88	684.01
<b>2018</b>	462.71	421.70	663.15	125.07	166.37	61.12	34.16	159.74	14.85	158.19	134.67	186.40
<b>2019</b>	327.77	253.07	282.34	139.29	47.32	63.24						

**CHELSEA CLIMATE – TEMPERATURA MÁXIMA (°C)**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>1980</b>	23.0	22.6	23.2	23.8	23.7	22.6	22.4	23.0	23.5	23.8	23.3	23.7
<b>1981</b>	21.8	23.0	23.2	23.6	23.2	22.2	21.1	22.4	23.2	23.8	23.0	23.2
<b>1982</b>	22.0	22.0	23.1	23.2	22.3	22.5	23.0	23.7	24.4	23.8	22.3	23.1
<b>1983</b>	24.2	23.9	23.9	24.4	23.8	22.5	22.6	22.9	23.6	23.7	23.1	23.2
<b>1984</b>	21.4	22.4	23.1	22.8	23.5	22.3	21.8	22.3	23.4	24.0	22.4	22.7
<b>1985</b>	21.6	22.1	23.2	23.1	23.5	22.2	22.1	22.7	23.7	24.0	22.7	22.5
<b>1986</b>	22.3	21.6	21.9	23.7	23.5	22.5	21.7	23.0	23.2	23.0	24.0	23.0

<b>1987</b>	22.7	23.6	23.4	23.9	22.7	22.4	23.1	23.6	23.8	24.6	23.9	23.6
<b>1988</b>	22.6	24.4	23.3	23.3	23.2	21.8	21.8	23.6	23.5	24.2	23.5	22.1
<b>1989</b>	22.0	22.4	22.0	23.1	22.5	22.6	21.7	23.1	23.2	23.6	24.5	22.9
<b>1990</b>	22.7	23.8	24.2	24.3	23.4	22.2	21.1	23.1	23.2	24.0	23.8	23.0
<b>1991</b>	22.6	23.7	22.9	24.1	24.1	22.6	22.3	22.9	23.8	23.5	23.5	23.0
<b>1992</b>	24.1	23.3	24.0	23.7	24.1	22.6	21.8	22.1	22.8	24.1	23.4	23.4
<b>1993</b>	22.0	23.0	23.2	23.5	23.3	23.1	22.1	22.7	23.2	24.0	22.6	22.8
<b>1994</b>	22.4	22.3	23.3	23.1	23.3	22.7	22.0	23.4	24.1	23.8	23.5	23.2
<b>1995</b>	23.4	23.0	23.7	23.7	23.1	22.7	22.4	23.3	24.1	24.1	23.5	23.7
<b>1996</b>	21.9	23.2	23.2	23.5	23.3	21.8	21.6	23.1	23.7	23.9	23.6	22.9
<b>1997</b>	22.2	23.0	23.4	23.7	22.8	22.3	23.3	22.8	24.6	24.9	24.1	24.0
<b>1998</b>	24.9	24.4	25.0	24.8	23.3	22.7	23.2	23.8	24.3	23.9	23.5	23.7
<b>1999</b>	22.6	23.1	22.7	23.6	23.0	22.4	22.1	23.0	23.9	24.1	23.3	23.3
<b>2000</b>	22.6	22.7	22.8	23.9	23.5	22.5	21.8	23.5	23.3	24.0	23.5	23.7
<b>2001</b>	22.2	22.7	23.4	24.3	23.3	22.3	23.0	24.2	24.6	24.7	23.6	23.9
<b>2002</b>	23.5	23.0	23.9	24.1	23.9	22.9	22.5	24.4	24.1	24.5	24.0	24.0
<b>2003</b>	23.7	23.8	23.8	23.9	23.5	23.1	22.9	23.1	24.2	24.6	24.1	23.1
<b>2004</b>	23.6	23.5	24.6	24.3	22.7	22.7	22.4	23.2	24.3	24.4	23.8	23.6
<b>2005</b>	24.0	24.4	23.7	24.3	23.7	22.9	22.4	24.0	23.8	24.2	24.2	23.1
<b>2006</b>	23.2	23.5	24.1	23.6	22.4	22.9	23.9	24.0	24.0	24.4	23.4	23.1
<b>2007</b>	24.0	23.5	23.6	24.0	23.0	23.2	22.6	23.4	24.6	24.3	23.6	23.2
<b>2008</b>	22.9	23.4	23.5	23.3	22.5	22.1	22.5	23.9	24.5	24.2	24.3	23.1
<b>2009</b>	23.3	23.0	23.7	23.6	23.3	22.5	22.7	23.8	24.9	24.9	23.9	22.9
<b>2010</b>	23.5	24.4	24.8	24.3	23.5	23.2	22.5	23.8	24.7	24.6	23.7	23.3
<b>2011</b>	22.5	22.2	23.3	23.7	23.5	22.8	22.7	23.4	24.2	23.6	24.5	23.4
<b>2012</b>	23.2	22.3	23.7	23.7	23.3	22.9	23.2	24.0	24.8	24.3	24.2	22.6
<b>2013</b>	24.5	23.6	23.5	23.9	23.4	22.9	22.5	23.1	24.5	24.1	23.8	23.5
<b>2014</b>	22.7	23.0	23.5	24.2	23.6	23.2	22.5	23.5	24.6	25.1	23.9	23.1

<b>2015</b>	23.1	23.2	24.0	23.8	23.4	23.3	23.0	24.5	25.4	25.2	24.6	24.7
<b>2016</b>	25.2	24.0	24.7	24.9	23.8	22.5	23.6	24.1	27.5	28.2	28.5	26.6
<b>2017</b>	23.8	23.7	23.9	24.2	24.2	23.2	22.4	24.3	24.8	24.7	24.3	24.1
<b>2018</b>	23.4	23.4	23.9	24.0	23.6	23.1	23.5	23.3	25.1	24.6	23.9	24.0
<b>2019</b>	23.6	23.5	24.3	24.4	24.3	23.7	23.3	24.3	25.5	24.5	24.9	23.8

**CHELSEA CLIMATE – TEMPERATURA PROMEDIO (°C)**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>1980</b>	18.6	18.9	18.9	18.8	18.6	17.9	17.1	17.6	17.8	18.6	19.0	19.0
<b>1981</b>	18.1	18.8	18.8	18.7	18.7	17.6	16.2	17.2	17.7	18.5	19.0	18.9
<b>1982</b>	18.4	18.6	18.8	18.7	18.1	17.8	17.6	17.7	18.2	18.8	19.0	19.5
<b>1983</b>	20.3	20.3	20.4	20.5	20.2	19.1	18.3	18.7	18.5	18.8	19.0	19.2
<b>1984</b>	18.5	18.2	18.7	18.7	18.7	18.1	17.1	17.3	18.2	18.8	18.7	19.0
<b>1985</b>	18.2	18.5	18.9	18.7	18.2	16.8	16.6	17.2	18.2	18.8	18.5	19.0
<b>1986</b>	18.4	18.4	18.5	18.9	18.6	17.6	16.4	17.9	18.0	18.5	19.0	19.4
<b>1987</b>	19.0	19.5	19.4	19.2	18.4	17.7	18.0	18.0	18.9	19.4	19.7	19.9
<b>1988</b>	19.0	19.9	19.3	19.2	19.0	17.5	16.9	17.8	18.5	19.1	19.3	19.1
<b>1989</b>	18.3	18.9	18.4	18.6	17.9	17.8	16.7	17.5	18.2	18.7	19.3	19.2
<b>1990</b>	18.7	19.2	19.3	19.5	19.2	18.0	16.7	17.2	18.0	19.0	19.1	18.8
<b>1991</b>	18.8	19.1	19.3	19.1	19.0	18.1	17.1	17.3	18.3	18.4	19.0	19.4
<b>1992</b>	19.6	19.7	20.0	20.0	19.5	18.3	16.7	17.0	18.1	18.7	18.8	19.4
<b>1993</b>	18.3	19.2	19.0	18.8	18.9	18.5	17.8	17.7	18.6	19.0	19.1	19.4
<b>1994</b>	18.8	18.9	19.2	18.9	19.0	18.1	17.4	18.2	19.0	19.2	19.4	19.9
<b>1995</b>	19.4	19.1	19.4	19.4	19.0	18.3	18.2	18.5	19.0	19.3	19.6	19.5
<b>1996</b>	18.6	19.0	19.2	19.3	19.1	17.5	16.8	18.1	18.8	19.2	19.1	19.3
<b>1997</b>	19.0	19.4	19.3	19.5	19.1	18.8	18.7	18.6	19.5	20.2	20.3	20.6
<b>1998</b>	21.0	21.1	21.3	21.0	19.6	18.8	18.6	19.0	18.9	19.4	19.6	19.7

<b>1999</b>	18.9	19.4	18.9	19.1	18.7	18.3	17.4	17.9	18.9	19.0	19.4	19.8
<b>2000</b>	18.9	19.0	18.9	19.4	19.4	18.7	17.6	18.6	18.8	19.1	19.6	19.7
<b>2001</b>	18.6	19.0	19.1	19.3	18.9	17.5	18.1	17.9	19.2	19.9	19.8	20.0
<b>2002</b>	19.5	19.7	19.8	19.7	19.4	18.3	17.7	18.4	18.9	19.6	20.2	20.1
<b>2003</b>	20.0	20.1	19.6	19.5	19.0	18.5	17.8	17.9	18.6	19.7	20.0	19.7
<b>2004</b>	19.5	19.4	19.8	19.6	18.3	17.7	17.9	17.4	18.7	19.5	19.8	19.7
<b>2005</b>	19.8	20.0	19.8	19.4	18.8	17.9	17.2	17.8	18.1	18.9	19.2	19.4
<b>2006</b>	18.8	19.4	19.0	18.5	17.2	17.9	17.6	18.2	18.3	19.4	19.2	19.3
<b>2007</b>	19.6	19.3	19.1	19.0	18.4	17.5	17.6	18.1	18.6	18.8	19.1	19.2
<b>2008</b>	18.8	19.0	18.9	18.6	17.8	17.9	18.2	18.7	18.8	19.2	20.0	19.3
<b>2009</b>	19.1	19.3	19.4	19.0	18.3	18.5	18.4	18.6	19.4	19.5	19.9	19.7
<b>2010</b>	19.7	20.5	20.4	19.7	19.3	18.6	18.0	17.9	18.7	19.3	19.2	19.2
<b>2011</b>	18.6	18.4	18.4	18.8	18.9	18.8	17.8	17.9	18.3	19.0	19.9	19.3
<b>2012</b>	18.8	18.6	19.1	19.2	19.0	18.2	18.4	18.2	18.8	19.5	20.0	19.4
<b>2013</b>	19.9	19.6	19.4	19.1	19.1	18.4	17.1	18.1	18.7	19.3	19.5	19.8
<b>2014</b>	19.2	19.2	19.4	19.4	19.5	19.7	17.8	17.7	18.8	19.4	19.7	19.6
<b>2015</b>	19.1	19.7	19.9	19.3	19.6	19.2	18.6	19.0	19.9	19.9	20.2	19.9
<b>2016</b>	20.6	20.4	20.5	20.0	19.4	18.1	18.2	18.5	22.1	23.6	24.0	22.4
<b>2017</b>	19.2	19.7	19.6	19.6	19.8	18.9	17.7	18.8	19.1	19.2	20.0	19.7
<b>2018</b>	18.7	19.2	19.1	19.0	18.8	18.0	17.8	17.9	19.1	19.8	19.8	19.7
<b>2019</b>	19.4	19.7	19.7	19.8	19.3	18.5	18.0	17.8	19.6	19.4	20.4	20.1

#### CHELSEA CLIMATE – TEMPERATURA MÍNIMA (°C)

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>1980</b>	16.5	16.9	16.5	15.4	15.0	14.6	12.9	14.3	14.2	15.5	16.4	15.9
<b>1981</b>	16.6	16.6	16.5	15.7	15.8	14.7	12.6	13.0	13.6	15.6	16.8	16.6
<b>1982</b>	16.7	16.7	16.6	15.9	15.1	13.7	12.8	12.9	14.2	15.6	16.6	16.5

<b>1983</b>	17.4	17.1	17.3	16.8	16.1	15.3	14.6	14.7	14.2	15.2	15.9	17.0
<b>1984</b>	16.2	16.1	16.4	16.0	15.3	14.7	13.4	13.5	13.7	15.2	16.1	16.0
<b>1985</b>	16.4	16.3	16.7	16.0	14.8	12.7	12.1	13.3	14.3	14.9	15.2	16.6
<b>1986</b>	16.3	16.3	16.5	15.9	15.1	14.0	12.2	13.7	14.4	15.3	15.5	16.8
<b>1987</b>	17.1	16.7	16.2	16.0	15.1	14.0	13.7	13.3	15.3	16.0	16.7	17.1
<b>1988</b>	17.2	16.8	17.0	16.6	15.6	14.3	13.1	13.1	14.9	15.4	16.1	16.3
<b>1989</b>	16.2	16.4	16.4	15.7	15.0	14.3	12.3	13.2	14.8	15.1	15.5	16.7
<b>1990</b>	16.5	16.3	16.2	16.2	16.0	15.0	13.5	13.2	14.1	15.8	16.5	16.6
<b>1991</b>	17.1	16.7	17.2	15.8	15.6	14.9	12.7	12.9	14.1	15.0	15.9	16.4
<b>1992</b>	16.3	16.7	17.0	16.8	15.7	14.5	12.7	13.1	14.5	15.0	15.6	16.5
<b>1993</b>	16.3	16.4	16.3	16.0	15.4	13.9	13.8	13.1	14.6	15.5	16.7	17.1
<b>1994</b>	16.7	16.6	16.3	16.0	15.5	14.1	13.1	13.5	14.4	15.2	16.0	17.1
<b>1995</b>	16.8	17.1	16.9	16.3	15.8	14.5	14.5	14.4	14.6	15.5	16.0	16.0
<b>1996</b>	16.6	16.0	16.6	16.1	15.6	14.3	12.8	13.7	15.0	15.5	15.6	16.0
<b>1997</b>	16.7	16.4	16.2	15.6	15.0	14.4	13.5	14.3	15.1	16.4	17.0	17.6
<b>1998</b>	17.9	18.4	17.9	17.9	16.1	15.1	14.2	14.9	15.0	16.3	16.6	16.6
<b>1999</b>	16.6	16.6	16.3	15.2	14.9	14.5	13.2	13.4	14.4	14.6	15.7	16.5
<b>2000</b>	16.3	16.2	16.3	15.6	15.5	14.9	13.6	13.6	14.8	14.6	15.9	15.9
<b>2001</b>	16.1	16.0	16.2	14.8	15.5	13.1	13.8	12.5	14.7	15.7	16.9	16.4
<b>2002</b>	16.5	17.0	16.7	16.0	15.5	14.4	13.9	13.3	14.7	15.7	17.3	18.1
<b>2003</b>	17.4	17.2	16.5	16.0	15.3	14.4	13.1	13.8	13.8	15.4	15.8	16.7
<b>2004</b>	16.6	16.7	16.9	16.2	15.7	13.6	13.7	13.2	14.0	16.0	16.7	16.8
<b>2005</b>	16.8	17.0	16.9	16.1	15.7	14.4	13.3	13.2	14.4	15.7	15.9	16.8
<b>2006</b>	16.6	16.9	16.6	15.9	14.2	14.1	11.9	13.8	14.4	16.2	16.3	17.1
<b>2007</b>	17.4	17.0	16.7	16.3	15.8	13.8	13.9	13.8	14.1	15.3	16.3	16.5
<b>2008</b>	16.7	16.5	15.8	15.7	14.8	14.6	13.5	14.0	14.5	15.7	16.5	16.6
<b>2009</b>	16.9	17.1	16.6	16.2	15.1	14.7	14.2	14.0	15.3	15.8	17.0	17.4
<b>2010</b>	17.5	18.0	17.6	17.0	16.1	14.7	14.5	13.8	14.6	15.4	15.9	16.7

<b>2011</b>	16.9	16.8	16.5	15.8	15.1	14.6	13.3	13.7	14.4	16.0	16.3	16.6
<b>2012</b>	16.6	16.7	16.1	15.9	15.2	13.2	13.2	13.3	14.1	15.7	16.9	17.0
<b>2013</b>	16.7	17.2	17.2	15.6	15.8	15.1	12.8	14.1	13.7	16.3	16.4	16.8
<b>2014</b>	17.1	17.1	16.9	16.2	15.7	15.5	13.9	12.9	14.7	15.1	16.6	17.0
<b>2015</b>	16.6	16.9	16.8	16.3	15.9	14.8	14.3	13.8	15.5	16.2	16.8	16.7
<b>2016</b>	17.4	18.2	17.6	16.7	16.0	14.7	13.2	14.4	18.1	19.6	20.1	19.6
<b>2017</b>	17.0	17.2	16.9	16.7	16.5	15.4	13.4	14.6	15.4	15.7	17.0	17.0
<b>2018</b>	16.6	17.0	16.9	15.9	15.8	13.8	12.6	13.8	14.7	16.5	17.2	16.9
<b>2019</b>	17.1	17.2	17.4	16.9	15.7	14.2	13.8	12.5	15.2	16.0	16.3	17.5

**MEDIDAS DEL ANCHO DE ANILLOS (mm)**

<b>JUPA01A</b>	<b>1992</b>	3.04	4.00	2.27	4.19	6.09	4.44	7.47	8.55			
<b>JUPA01A</b>	<b>2000</b>	1.95	0.44	4.47	3.00	8.36	2.00	8.50	5.81	2.12	2.50	
<b>JUPA01A</b>	<b>2010</b>	1.45	7.00	7.24	1.37	7.83	2.77	9.80	3.50	5.50	5.00	
<b>JUPA01A</b>	<b>2020</b>	18.37										
<b>JUPA02B</b>	<b>1975</b>	2.19	2.00	1.26	1.55	1.30						
<b>JUPA02B</b>	<b>1980</b>	1.40	2.31	3.50	2.64	4.55	1.85	2.45	2.01	2.74	3.22	
<b>JUPA02B</b>	<b>1990</b>	6.43	2.23	2.01	3.00	2.65	2.50	5.55	4.50	5.60	7.83	
<b>JUPA02B</b>	<b>2000</b>	3.98	3.00	4.01	4.50	5.00	4.00	5.94	3.50	5.75	7.50	
<b>JUPA02B</b>	<b>2010</b>	4.55	5.05	7.04	2.34	11.02	6.38	6.70	4.73	7.50	1.00	
<b>JUPA02B</b>	<b>2020</b>	13.30										
<b>JUPA04B</b>	<b>1980</b>	4.12	4.06	5.36	5.64	6.50	5.06	3.55	3.50	4.21	4.70	
<b>JUPA04B</b>	<b>1990</b>	7.07	4.46	4.53	6.59	4.47	3.84	7.01	2.04	7.00	10.50	
<b>JUPA04B</b>	<b>2000</b>	6.40	7.00	8.73	8.50	10.01	7.56	9.45	7.50	2.46	10.50	
<b>JUPA04B</b>	<b>2010</b>	2.50	3.28	5.66	4.40	9.00	9.22	14.62	9.12	10.41	9.50	
<b>JUPA04B</b>	<b>2020</b>	7.48										
<b>JUPA07A</b>	<b>1973</b>	1.51	4.43	2.17	2.79	2.72	2.44	2.68				

JUPA07A	1980	0.37	3.94	4.77	5.24	5.30	7.25	8.56	6.21	9.64	8.51
JUPA07A	1990	3.27	11.44	7.50	9.45	6.59	8.50	10.19	4.50	5.55	8.72
JUPA07A	2000	6.09	3.60	7.10	1.87	10.50	6.87	13.00	13.42	9.17	5.00
JUPA07A	2010	3.96	5.50	12.83	2.63	11.83	3.64	11.95	2.62	8.00	8.50
JUPA07A	2020	9.85									
JUPA07B	1989	10.41									
JUPA07B	1990	0.72	8.60	3.89	8.04	6.50	8.00	8.13	2.16	4.69	6.37
JUPA07B	2000	3.03	2.50	9.08	6.00	13.21	6.69	9.24	9.41	4.94	1.50
JUPA07B	2010	0.89	6.12	7.77	0.20	10.90	8.50	17.59	1.16	7.50	7.50
JUPA07B	2020	10.50									
JUPA11B	1985	7.68	6.47	2.19	4.18	5.59					
JUPA11B	1990	5.50	4.71	2.50	5.35	5.29	5.61	10.50	8.65	9.48	11.00
JUPA11B	2000	10.48	5.00	8.50	9.00	10.23	6.61	8.38	6.50	7.63	10.00
JUPA11B	2010	5.50	9.20	9.50	5.71	7.76	3.47	6.26	7.95	15.42	9.00
JUPA11B	2020	9.83									
JUPA51B	1973	1.22	2.10	1.50	4.71	0.97	0.18	5.50			
JUPA51B	1980	8.17	8.80	11.50	6.75	13.45	5.70	2.94	0.66	3.07	4.41
JUPA51B	1990	5.09	1.53	1.09	3.79	3.66	7.17	9.60	8.00	9.67	13.45
JUPA51B	2000	3.57	3.03	5.54	5.44	6.86	4.85	10.12	6.69	9.17	12.50
JUPA51B	2010	1.26	5.39	10.43	3.74	10.58	5.12	6.01	1.66	12.50	9.02
JUPA51B	2020	7.98									
JUPA53A	1970	2.58	2.97	2.08	4.54	5.90	5.12	11.58	6.53	3.00	5.00
JUPA53A	1980	5.87	5.66	9.00	7.06	10.50	8.50	7.34	4.05	7.85	8.04
JUPA53A	1990	9.06	2.67	2.49	5.30	3.50	4.00	8.30	5.40	6.03	7.50
JUPA53A	2000	4.54	3.38	6.00	4.21	7.83	3.83	10.98	6.81	7.50	9.50
JUPA53A	2010	4.50	6.99	8.00	2.35	7.50	1.59	3.50	0.85	3.31	3.22
JUPA53A	2020	2.46									
JUPA53B	1990	2.91	2.69	2.42	6.08	3.65	3.74	5.41	1.59	5.00	5.20



<b>JUPA53B</b>	<b>2000</b>	3.05	2.14	4.06	5.98	8.03	4.83	8.67	6.90	5.98	6.43
<b>JUPA53B</b>	<b>2010</b>	1.01	5.56	10.45	2.26	8.76	6.26	12.96	5.08	8.08	7.22
<b>JUPA53B</b>	<b>2020</b>	9.34									
<b>JUPA55A</b>	<b>1985</b>	5.01	4.20	1.09	5.79	6.72					
<b>JUPA55A</b>	<b>1990</b>	7.00	4.69	2.97	6.53	5.20	3.10	3.80	3.15	3.44	6.00
<b>JUPA55A</b>	<b>2000</b>	4.53	2.50	4.39	4.07	4.12	3.04	8.55	2.48	7.61	8.21
<b>JUPA55A</b>	<b>2010</b>	4.01	4.95	8.55	6.89	10.81	10.04	10.38	8.65	10.17	4.94
<b>JUPA55A</b>	<b>2020</b>	3.02									
<b>JUPA55B</b>	<b>1978</b>	2.91	3.50								
<b>JUPA55B</b>	<b>1980</b>	3.52	6.76	10.44	9.27	12.95	4.88	4.88	2.01	5.01	6.51
<b>JUPA55B</b>	<b>1990</b>	7.16	2.50	2.00	5.29	4.45	3.86	6.75	6.00	6.21	12.00
<b>JUPA55B</b>	<b>2000</b>	9.93	8.06	10.00	10.44	10.94	7.00	12.01	6.50	10.00	10.55
<b>JUPA55B</b>	<b>2010</b>	6.01	6.86	8.90	6.42	7.94	6.50	6.50	4.90	10.55	3.36
<b>JUPA55B</b>	<b>2020</b>	2.56									
<b>JUPA57B</b>	<b>1981</b>	6.46	9.53	1.11	7.08	6.50	8.16	0.60	2.60	4.24	
<b>JUPA57B</b>	<b>1990</b>	10.86	8.50	8.00	9.19	5.89	5.50	11.66	7.72	9.85	13.11
<b>JUPA57B</b>	<b>2000</b>	10.17	0.68	6.50	10.19	11.84	10.02	12.88	9.50	11.83	12.66
<b>JUPA57B</b>	<b>2010</b>	6.00	6.73	9.43	2.05	8.09	4.86	5.50	1.87	8.29	2.17
<b>JUPA57B</b>	<b>2020</b>	8.97									
<b>JUPA61A</b>	<b>11969</b>	4.39									
<b>JUPA61A</b>	<b>11970</b>	3.64	5.85	2.50	2.63	3.72	0.46	7.00	4.00	3.00	3.92
<b>JUPA61A</b>	<b>11980</b>	4.00	0.70	7.50	1.48	8.00	7.39	7.00	5.07	6.01	6.50
<b>JUPA61A</b>	<b>11990</b>	7.04	3.45	3.00	4.00	4.00	4.58	6.50	5.00	6.01	7.11
<b>JUPA61A</b>	<b>12000</b>	5.01	4.50	13.82	8.67	12.00	10.68	20.44	6.00	6.50	10.16
<b>JUPA61A</b>	<b>12010</b>	6.50	7.09	9.62	3.80	8.00	4.00	6.62	3.33	7.00	10.16
<b>JUPA61A</b>	<b>12020</b>	5.43									
<b>JUPA61A</b>	<b>1972</b>	3.28	4.00	5.88	2.57	5.50	2.15	2.00	3.00		
<b>JUPA61A</b>	<b>1980</b>	0.55	0.61	2.97	0.55	9.50	8.50	5.08	2.00	3.00	4.42

<b>JUPA61A</b>	<b>1990</b>	6.48	4.63	4.26	7.26	4.00	4.78	10.64	6.22	7.28	13.97
<b>JUPA61A</b>	<b>2000</b>	9.00	6.00	8.07	6.24	10.01	6.95	10.87	3.17	7.48	9.10
<b>JUPA61A</b>	<b>2010</b>	5.01	5.45	9.00	3.88	9.03	5.00	6.39	3.17	12.00	10.37
<b>JUPA61A</b>	<b>2020</b>	5.01									
<b>JUPA61B</b>	<b>1976</b>	6.04	2.00	1.55	2.47						
<b>JUPA61B</b>	<b>1980</b>	2.23	0.81	7.47	4.98	8.90	4.54	3.08	1.98	3.50	3.66
<b>JUPA61B</b>	<b>1990</b>	4.55	3.60	3.10	7.20	5.34	8.22	8.51	4.10	4.66	11.50
<b>JUPA61B</b>	<b>2000</b>	8.65	3.12	6.00	5.70	6.12	5.84	9.57	2.07	10.00	11.24
<b>JUPA61B</b>	<b>2010</b>	1.96	5.98	12.45	4.10	11.12	7.53	8.33	5.00	10.16	9.86
<b>JUPA61B</b>	<b>2020</b>	8.25									
<b>JUPA65A</b>	<b>1990</b>	0.87	2.48	1.28	5.48	0.53	1.50	4.22	1.12	4.55	6.10
<b>JUPA65A</b>	<b>2000</b>	3.50	1.01	3.01	4.50	7.85	0.53	7.00	6.50	5.10	5.00
<b>JUPA65A</b>	<b>2010</b>	2.22	4.67	7.00	6.10	12.34	6.11	10.00	5.45	9.00	6.20
<b>JUPA65A</b>	<b>2020</b>	6.39									
<b>JUPA67A</b>	<b>1987</b>	0.89	5.65	9.29							
<b>JUPA67A</b>	<b>1990</b>	1.82	4.67	0.98	7.86	2.00	2.73	10.57	3.00	5.00	13.27
<b>JUPA67A</b>	<b>2000</b>	3.50	1.87	4.00	0.69	8.34	2.50	7.46	7.00	4.50	4.18
<b>JUPA67A</b>	<b>2010</b>	3.50	5.04	6.00	5.37	10.39	9.43	14.64	3.01	6.27	6.05
<b>JUPA67A</b>	<b>2020</b>	13.03									
<b>JUPA67B</b>	<b>1992</b>	8.27	10.59	4.82	7.83	13.23	4.50	9.50	11.21		
<b>JUPA67B</b>	<b>2000</b>	4.92	3.50	10.39	4.00	11.81	4.50	8.14	7.00	6.50	5.50
<b>JUPA67B</b>	<b>2010</b>	4.50	9.50	11.84	7.50	9.50	6.50	16.65	6.73	11.85	11.49
<b>JUPA67B</b>	<b>2020</b>	5.40	9.99								
<b>JUPA69B</b>	<b>1984</b>	7.00	4.89	3.50	2.52	2.90	4.34				
<b>JUPA69B</b>	<b>1990</b>	5.82	4.26	3.00	7.04	4.69	5.00	6.50	4.24	5.96	12.50
<b>JUPA69B</b>	<b>2000</b>	7.00	4.50	9.55	7.75	11.50	7.24	7.35	6.00	6.64	18.89
<b>JUPA69B</b>	<b>2010</b>	0.70	3.78	11.64	2.15	8.43	5.50	5.86	4.00	10.50	9.50
<b>JUPA69B</b>	<b>2020</b>	4.14									

### RWI: CRONOLOGÍA ESTÁNDAR (mm)

	HURstd	samp.depth
1969	0.725	1
1970	0.509	2
1971	0.724	2
1972	0.434	3
1973	0.458	5
1974	0.724	5
1975	0.398	6
1976	0.913	7
1977	0.362	7
1978	0.364	8
1979	0.554	8
1980	0.519	9
1981	0.635	10
1982	1.169	10
1983	0.741	10
1984	1.377	11
1985	0.938	13
1986	0.813	13
1987	0.387	14
1988	0.725	14
1989	0.928	15
1990	0.895	17
1991	0.658	17
1992	0.527	19
1993	1.051	19

<b>1994</b>	0.687	19
<b>1995</b>	0.782	19
<b>1996</b>	1.306	19
<b>1997</b>	0.737	19
<b>1998</b>	1.045	19
<b>1999</b>	1.601	19
<b>2000</b>	0.906	19
<b>2001</b>	0.549	19
<b>2002</b>	1.099	19
<b>2003</b>	0.959	19
<b>2004</b>	1.530	19
<b>2005</b>	0.899	19
<b>2006</b>	1.547	19
<b>2007</b>	1.057	19
<b>2008</b>	1.136	19
<b>2009</b>	1.408	19
<b>2010</b>	0.575	19
<b>2011</b>	0.996	19
<b>2012</b>	1.511	19
<b>2013</b>	0.631	19
<b>2014</b>	1.581	19
<b>2015</b>	0.976	19
<b>2016</b>	1.570	19
<b>2017</b>	0.714	19
<b>2018</b>	1.509	19
<b>2019</b>	1.197	19
<b>2020</b>	1.273	19

**VALORES DE LOS CARACTERES ANATÓMICOS DE LOS VASOS**

SAMPLE	YEAR	DIÁMETRO HIDRÁULICO (µm)			ÍNDICE DE VASOS AGRUPADOS			ÍNDICE DE VASOS SOLITARIOS				
		DROUGHT	YEAR	NO DROUGHT	YEAR	DROUGHT	YEAR	NO DROUGHT	YEAR	DROUGHT	YEAR	NO DROUGHT
JUPA61A	1990	507.15	1988	508.40	1990	7.50	1988	5.80	1990	5.00	1988	3.70
	2016	420.92	1989	481.48	2016	4.20	1989	10.80	2016	1.80	1989	9.00
	1998	898.62	1991	843.37	1998	4.67	1991	9.75	1998	2.00	1991	6.50
	1997	572.92	1992	864.42	1997	8.00	1992	10.00	1997	4.80	1992	7.00
	2010	688.07	2014	568.24	2010	5.75	2014	5.10	2010	2.88	2014	2.10
JUPA65A	2014	581.31	2015	565.94	2014	6.50	2015	6.88	2014	4.50	2015	3.25
	1983	438.50	2017	562.29	1983	11.50	2017	4.33	1983	9.00	2017	1.67
	1982	688.42	2018	597.64	1982	6.67	2018	12.67	1982	4.33	2018	9.67
	1994	661.38	1995	418.18	1994	5.14	1996	4.25	1994	3.29	1996	1.50
JUPA55A	2005	736.55	1996	638.24	2005	11.50	1997	7.00	2005	8.50	1997	5.00
	2004	498.76	1999	701.24	2004	6.86	1999	4.25	2004	4.71	1999	2.50
	1998	520.19	2000	652.30	1998	9.40	2000	5.50	1998	6.80	2000	3.50
	2015	456.89	2008	641.56	2015	12.00	1995	12.00	2015	12.00	1995	8.50
			2009	693.50			1996	4.43			1996	2.29
			2011	893.82			1999	11.25			1999	8.75
			2012	685.25			2000	4.70			2000	2.30
			2012	510.97			2008	5.75			2008	2.25
			2013	651.57			2009	9.00			2009	5.25
			2015	529.61			2011	5.44			2011	2.56
JUPA57A			2016	725.07			2012	3.83			2012	1.75
			1980	634.75			2012	6.91			2012	4.18
			1981	667.28			2013	5.14			2013	3.07
JUPA04B			1984	557.89			2015	17.67			2015	13.67
			1985	567.38			2016	16.00			2016	13.67

JUPA11B

1992	481.10	1980	5.67	1980	3.78
1993	390.08	1981	13.33	1981	11.00
1995	488.06	1984	20.00	1984	18.00
1996	624.75	1985	18.00	1985	16.00
2002	465.16	1992	13.33	1992	11.00
2003	729.83	1993	5.00	1993	3.00
2006	549.14	1995	7.00	1995	5.43
2007	553.58	1996	15.00	1996	13.00
1986	581.66	2002	5.43	2002	3.00
1987	454.54	2003	8.40	2003	5.80
1989	511.10	2006	10.17	2006	8.17
1990	521.36	2007	11.13	2007	9.00
2013	721.41	1986	4.67	1986	2.33
2014	708.54	1987	6.00	1987	3.00
2016	651.66	1989	5.50	1989	3.25
2017	605.80	1990	10.25	1990	6.25

### BOX PLOT STATISTICS

	DIÁMETRO HIDRÁULICO (µm)	MODERATE	SEVERE	EXTREME	ÍNDICE DE VASOS AGRUPADOS	MODERATE	SEVERE	EXTREME	ÍNDICE DE VASOS SOLITARIOS	MODERATE	SEVERE	EXTREME
UPPER WHISKER		456.89	661.38	898.62		5.75	6.86	12.00		12.00	6.80	5.00
3RD QUARTILE		456.89	590.78	688.25		5.75	6.00	11.50		12.00	5.75	4.90
MEDIAN		438.90	520.19	621.34		4.97	5.14	8.70		10.25	4.71	4.42
1ST QUARTILE		420.92	510.03	540.03		4.20	4.90	7.08		8.50	3.25	3.08
LOWER WHISKER		420.92	499.88	438.50		4.20	4.67	6.50		8.50	1.80	2.00

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGÍA
- ¿Cómo influye el clima en la anatomía de la madera de <i>Juglans neotropica</i> en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú?	- Determinar la influencia del clima en la anatomía de la madera de <i>Juglans neotropica</i> en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.	- Existe relación significativa entre el clima con la anatomía de la madera de <i>Juglans neotropica</i> en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.	<p style="text-align: center;"><b>Independiente (X)</b> <b>Clima</b></p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p>X<sub>1</sub> : Precipitación</p> <p>X<sub>2</sub>: Temperatura</p> <p>X<sub>3</sub>: Sequías</p> <p style="text-align: center;"><b>Dependiente (Y)</b> <b>Anatomía de la madera</b></p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p>Y<sub>1</sub> : Anillos de crecimiento</p> <p>Y<sub>2</sub>: Caracteres anatómicos de los vasos</p>	<p><b>Enfoque de Investigación</b> Cuantitativo.</p> <p><b>Método de Investigación</b> Deductivo.</p> <p><b>Tipo de investigación</b> Básica.</p> <p><b>Nivel de investigación</b> Descriptivo – correlacional.</p> <p><b>Diseño de investigación</b> No experimental.</p> <p><b>Población:</b> 200 ha de un bosque de montaña montano de la Selva Central del Perú.</p> <p><b>Muestra:</b> 26 muestras del núcleo de incremento de 13 individuos de <i>Juglans neotropica</i>.</p> <p><b>Técnicas de recolección de datos</b> Técnicas estándares de la dendrocronología</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS		
1. ¿Cómo influyen las variables climáticas (temperatura y precipitación) en los anillos de crecimiento de <i>Juglans neotropica</i> en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú?	1. Estimar la influencia de las variables climáticas (temperatura y precipitación) en los anillos de crecimiento de <i>Juglans neotropica</i> en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.	1. Las variables climáticas (temperatura y precipitación) influyen significativamente en los anillos de crecimiento de <i>Juglans neotropica</i> en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.		
2. ¿Cuál es el efecto de las sequías y su intensidad en los caracteres anatómicos de los vasos (diámetro hidráulico D <sub>H</sub> , índice de vasos agrupados V <sub>G</sub> e índice de vasos solitarios V <sub>S</sub> ) de <i>Juglans neotropica</i> en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú?	2. Evaluar el efecto de las sequías y su intensidad en los caracteres anatómicos de los vasos (diámetro hidráulico D <sub>H</sub> , índice de vasos agrupados V <sub>G</sub> e índice de vasos solitarios V <sub>S</sub> ) de <i>Juglans neotropica</i> en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.	2. Las sequías y su intensidad presentan efecto significativo en los caracteres anatómicos de los vasos (diámetro hidráulico D <sub>H</sub> , índice de vasos agrupados V <sub>G</sub> e índice de vasos solitarios V <sub>S</sub> ) de <i>Juglans neotropica</i> en un bosque de montaña montano, Chanchamayo, Perú.		