



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERIA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Determinación de la relación del crecimiento
radial de especies arbóreas con la estacionalidad
climática del Valle del Mantaro**

Fabiola Elizabeth Aylas Huaman

Huancayo, 2018

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

AGRADECIMIENTOS

El proceso de investigación fue largo y lleno de aprendizaje que no habría culminado sin el apoyo de instituciones y personas, a quienes deseo manifestar mi reconocimiento. Empiezo agradeciendo al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) por brindar el apoyo en la subvención de la Investigación ya que sin ella no hubiera sido posible realizar la investigación. Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) por brindarme la data climática de para los climogramas. A la Universidad Continental que permitió realizar el uso del laboratorio de Dendrocronología para el desarrollo de esta tesis.

De igual manera a mi asesor Jacinto Arroyo Aliaga por guiarme en el desarrollo de la investigación, apoyándome en la elaboración y transmitiéndome su conocimiento.

Al Ingeniero Jimmy Requena Rojas investigador líder del proyecto de dendrocronología, por guiarme plenamente en el desarrollo de la tesis en la obtención de muestras, uso de los programas y obtención de los datos requeridos, confiar en mí para desarrollar la investigación. A la dirección de Investigación de la Universidad Continental por depositar la confianza en mí para desarrollar la tesis.

Agradezco a mis compañeros de Investigación por el apoyo en el trabajo de campo, y por la colaboración de recolección de muestras, Johan Lázaro Ártica por la participación en los programas de obtención de resultados finales.

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en cada paso, mis padres Blanca y Hugo que en todo momento me dieron su apoyo infinito, con su amor me permitieron llegar hasta hoy. Erik mi hermano por ser mi modelo a seguir, Zósimo y Felicita que son ejemplo de fortaleza y fe.

ÍNDICE

PORTADA	1
AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA	3
ÍNDICE	4
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPITULO I	14
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1 Caracterización y formulación del problema	14
1.1.1 Caracterización del problema	14
1.1.2 Formulación del problema	17
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Objetivo general	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
1.3 Justificación y delimitación	18
1.4 Hipótesis y descripción de variables	19
1.4.4. Hipótesis secundarias	19
• Existe un efecto negativo de la temperatura en el crecimiento radial de <i>Alnus acuminata</i> del valle del Mantaro.	19
• Existe un efecto positivo de la precipitación en el crecimiento radial de <i>Alnus acuminata</i> del Valle del Mantaro.	19
1.5.1. Variables	19
Variable dependiente:	19
• Índice de anchos de anillos <i>Alnus alcuminata</i>	19
Variable Independiente:	19
• Temperatura	19
• Precipitación	19

1.5.2. Operacionalización	19
Matriz de operacionalización	20
CAPITULO II	1
MARCO TEÓRICO	1
2.1 Antecedentes de la investigación.	1
2.2 Bases teóricas.....	10
2.2.1 Fundamentos teóricos	10
2.2.2 Metodologías existentes.....	23
• Datación cruzada.....	23
• Medición de los anillos y validación estadística de la datación.....	24
• Construcción de la cronología maestra.....	24
2.2.3 Técnicas e instrumentos de investigación	25
2.3 Definición de términos básicos.....	27
CAPITULO III.....	29
METODOLOGÍA.....	29
3.1 Método y alcances de la investigación.....	29
3.1.1 Método de la investigación.....	29
3.1.2 Alcances de la investigación.....	30
3.2 Diseño de la Investigación	31
3.2.1 Tipo de diseño de investigación.....	31
3.3 Población y muestra.....	32
3.3.1 Población	32
3.3.2 Muestra	42
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	42
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	47
CAPITULO IV	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información	48
4.1.1 Relación entre la variación interanual de la precipitación y el ancho de los anillos de crecimiento de la especie <i>Alnus acuminata</i>	49
Muestras de Apata y San Pedro de Saño con la Variable Precipitación mensual	49
4.1.2 Determinar las relaciones del crecimiento radial de las especies arbóreas con la estacionalidad climática del Valle del Mantaro.	55

4.2	Discusión de resultados	62
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol de aliso	18
Figura 2: frutos de Aliso	18
Figura 3: Partes de la madera.....	21
Figura 4: Ubicación Geográfica Apata	33
Figura 5: Ubicación Geográfica San Pedro de Saño	35
Figura 6: Datos de la precipitación de la Estación Santa Ana	36
Figura 7: Datos de la temperatura Máxima de la Estación Santa Ana.....	37
Figura 8: Datos de la temperatura mínima de la Estación Santa Ana	38
Figura 9: Datos de precipitación de la Estación Santa Ana	39
Figura 10: Datos de la temperatura máxima de la estación Jauja	40
Figura 11: Datos de la temperatura mínima de la estación Jauja.....	41
.....	46
Figura 12 : Identificación de los anillos anuales y de los radios de la rodaja de <i>Alnus acuminata</i> de Apata	46
Figura 13: Cronologías de las Muestras de Apata con la Variable precipitación	49
Figura 14: Cronologías de las Muestras de San Pedro de Saño con la Variable precipitación anual.....	50
Figura 15: Cronologías de las Muestras de Apata con la temperatura mínima anual.	51
Figura 16: Cronologías de las Muestras de San Pedro de Saño con la Variable temperatura mínima anual.	52
Figura 18: Cronologías de las Muestras de San Pedro de Saño con la Variable temperatura máxima anual	54
Figura 19: Cronologías de las Muestras de Apata con la Variable precipitación estacional.	55
.....	55
Figura 21: Cronologías de las Muestras de Apata con la Variable precipitación	57
Figura 22: Variaciones en el espesor de los anillos de crecimiento de <i>Alnus acuminata</i> en Apata y fluctuaciones estacionales (octubre - diciembre) de la temperatura.	58
Figura 23: Cronologías de las Muestras de Apata con la Variable precipitación	59
Figura 24: Variaciones en el espesor de los anillos de crecimiento de <i>Alnus acuminata</i> en San Pedro de Saño y fluctuaciones estacionales (febrero- abril) de la temperatura.....	60
Figura 25: Cronologías de las Muestras de Apata con la Variable precipitación estacional.	61
.....	61

Figura 26: Variaciones en el espesor de los anillos de crecimiento de *Alnus acuminata* en San Pedro de Saño y fluctuaciones estacionales (octubre - diciembre) de la Precipitación.
.....62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estaciones meteorológicas empleadas en estudio	36
Tabla 2: Programa PJK para la muestra APA03 – Apata , árbol N°3 – Radio A.....	46

RESUMEN

El objetivo es establecer las relaciones del crecimiento radial de *Alnus acuminata* con la estacionalidad climática del Valle del Mantaro teniendo como método general el Descriptivo Correlacional, de tal manera que el método Descriptivo se utilizó para describir a *Alnus acuminata* y sus características de desarrollo y factores favorables para el desarrollo de sus anillos de crecimiento y de formación, y el Método Correlacional para determinar la relación del crecimiento radial de *Alnus acuminata* con la estacionalidad climática del Valle del Mantaro, las muestras de estudio fueron extraídas de Apata y de San Pedro de Saño para realizar la correlación del crecimiento anual de los anillos de la especie en estudio, se trabajó con las estaciones meteorológicas de Jauja y Santa Ana respectivamente por la cercanía a las zonas de extracción. De Apata se extrajeron 12 rodajas de cada una de ellas se tomó 3 radios en total se procesó 36 muestras de este lugar, de San Pedro de Saño se extrajeron con barreno 37 muestras donde todas fueron procesadas, se determinó que la mayor cantidad de años son las muestras de Apata con 79 años en comparación a las muestras de San Pedro de Saño de 48 años; para tener las cronologías y así establecer el potencial dendrocronológico se trabajó con el programa COFECHA Y ARSTAN que nos permite saber que muestras son óptimas para el estudio, de las cuales 13 muestras fueron aptas para seguir con el proceso de estudio de Apata y 14 de San Pedro de Saño, posterior a ello se realizó la comparación de las cronologías de *Alnus acuminata* con las estaciones climáticas de Jauja y Santa Ana con las variables de precipitación, temperatura máxima y mínima mensual y estacional. Como conclusiones se tuvo que la variable que tiene influencia positiva en el desarrollo de los anillos de crecimientos es la precipitación, mientras que en los meses que se registra mayor temperatura estos entran en dormancia determinando así que la especie *Alnus acuminata* posee un gran potencial dendrocronológico para próximos estudios, ya que sus anillos de crecimiento están demarcados por las variables climáticas de temperatura y precipitación

Palabras claves: Dendrocronología, anillos de crecimiento, San Pedro Saño. Apata

ABSTRACT

The objective is to establish the relationships of radial growth of *Alnus acuminata* with the climatic seasonality of the Mantaro Valley having as a general method the Correlational Descriptive, in such a way that the Descriptive method used to describe an *Alnus acuminata* and its characteristics of development and favorable factors for the development of their growth and formation systems, and the Correlational Method to determine the relationship of the radial growth of *Alnus* accumulated with the climatic seasonality of the Mantaro Valley, the study samples were taken from Apata and San Pedro de Saño to perform the correlation of the annual growth of the rings of the species under study, with the meteorological stations of Jauja and Santa Ana, respectively, due to the proximity to the extraction zones. From Apata 12 slices were extracted from each of them, 3 radios were taken in total, 36 samples were processed from this place, from San Pedro de Saño, 37 samples were extracted with auger, where they were all processed, it was determined that the largest number of years were the samples of Apata with 79 years in comparison with the samples of San Pedro de Saño of 48 years; to obtain the chronologies and thus establish the potential of the process with the help of the program. COFECHA Y ARSTAN that allows us to know that they are good for the study, of which 13 samples were suitable to continue with the study process of Apata and 14 of San. Pedro de Saño, after this, a comparison was made of the chronologies of *Alnus acuminado* with the climatic stations of Jauja and Santa Ana with the variables of precipitation, maximum and minimum monthly and seasonal temperature. The conclusion that *Alnus acuminata* possesses a great dendrochronological potential is that *Alnus acuminata* possesses a great dendrochronological potential for the generation that has the positive influence on the development of the growth rings in precipitation, while in the months that are recorded. next studies, since their growth rings are demarcated by climatic variables of temperature and precipitation

Dendrochronology, growth rings, San Pedro Saño. On foot

INTRODUCCIÓN

La ciencia de la dendrocronología en los últimos años ha permitido estudiar la relación entre el crecimiento de las especies forestales con la morfología del árbol, la influencia de las variaciones climáticas y ciclo de crecimiento de cierta especie arbórea. De tal forma en este trabajo se aplicó los métodos de la dendrocronología en árboles de la especie *Alnus acuminata* teniendo como objetivos principales la determinar la relación del crecimiento radial del Aliso con la estacionalidad climática del Valle del Mantaro.

En el primer Capítulo, se detalla paso a paso la evolución de la dendrocronología y los primeros estudios que se tuvo en el Perú y en el mundo ;sus aportes para la reconstrucción climática, como los árboles son importantes registros vivientes de los variados cambios que presenta el clima como diversos sucesos ecológicos del ambiente durante su crecimiento por lo cual los anillos anuales están ligados con las condiciones climáticas como a la vez reflejan el resultado de otros factores no ambientales como cierta magulladura causada por el fuego , por ganados o por el hombre , este fenómeno queda grabado en forma de cicatriz marcando el anillo correspondiente de tal forma que se tendrá información del pasado del árbol.

En el segundo capítulo bases teóricas se tomó antecedentes del Ph. D José Villanueva investigador mexicano que inicio con el estudio de la dendrocronología y del Ph. D Mario Thomaselo que nos explican los diferentes estudios que se hicieron de la dendrocronología en el mundo, como tesis de pre y posgrado que nos ayudaran con sus métodos. Así como las diversas metodologías para la obtención del potencial dendrocronológico de diversas especies, y cómo es posible la identificación de los anillos de crecimiento de cada año y los anillos falsos, el uso de los programas de COFECHA Y ARSTAN para obtener la correlación Pearson y ser comparados con las variables climáticas, el adecuado uso de los barrenos y en ocasiones que la mejor opción para obtener muestras es en rodajas de la especie.

En el tercer capítulo se detalla los métodos que se usaran para obtener los resultados de la investigación. Se utilizaron como método general el método Descriptivo Correlacional. Método Descriptivo porque se describe a la especie nativa de estudio *Alnus acuminata* sus características de crecimiento y factores favorables para el desarrollo de sus anillos de crecimiento y su formación Como los trabajos de extracción de muestras y el trabajo en

gabinete en el laboratorio de Dendrocronología de la Universidad Continental, el Utilizar los programas COFECHA Y ARSTAN, para la obtención de las cronologías para la comparación climática.

El cuarto capítulo es el resultado de toda la investigación donde se obtuvo como resultado que la variable que influye en el desarrollo de los anillos de crecimiento anual es la precipitación ,para ambos lugares de extracción de muestras (San Pedro de Saño Apata) y que la temperatura es la que presenta una relación indirecta con estos anillos para ambos lugares de extracción y muestras de *Alnus acuminata* ,por lo cual se concluye que la especie *Alnus acuminata* presenta potencial dendrocronológico para posteriores estudios como Dendroecología o dendroclimatología; por ello para obtener buenos resultados se debe de elegir bien las muestras teniendo en cuenta los principios de la dendrocronología como buena ubicación dependiendo el estudio que se desarrollara, porque no todas las muestras elegidas podrán ser procesadas y que debemos obtener la mayor cantidad de ellas y si es preferible en rodajas para un mejor estudio porque se presenta mayores inconvenientes en la recolección con barrenos ,porque no nos permite la diferenciación de anillos anuales con los anillos falso que presenta la especie.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Caracterización y formulación del problema

1.1.1 Caracterización del problema

Las diversas especies arbóreas son un representan un registro de los variados cambios que presenta el clima como diversos sucesos ecológicos del ambiente durante su crecimiento.

Los árboles no presentan un crecimiento continuo cuando las condiciones climáticas son desfavorables se detiene y el proceso se reinicia cuando las condiciones climáticas son aptas. Los anillos de crecimientos se forman cuando el crecimiento de los árboles se detiene y es donde se forma una marca en la madera lo cual son los anillos. Cada anillo presente en el árbol pertenece a un período de crecimiento de la dimensión del árbol. El desarrollo de los árboles, está ligado a las condiciones climáticas y es determinado por la genética de la especie, el efecto de factores ajenos no ambientales puede ser registrado por los anillos anuales de los árboles. Si la especie arbórea sufre alguna lesión causada por el fuego, por animales o por el hombre esta lesión queda grabado en forma de cicatriz marcando el anillo del año correspondiente (1)de tal forma que se tendrá información del

pasado del árbol. Los troncos de los árboles hablan por sí solos, pero la dendrocronología es una ciencia que estudia los troncos de los árboles y las variaciones que presentan a lo largo del tiempo.

De esta forma la Dendrocronología es fuente de datos útiles para determinar a escala regional sucesos del pasado (1). La dendrocronología tiene el concepto de ciencia que hace dable la detección y análisis de los anillos de crecimiento en la madera de los árboles y de piezas en la madera, registrando la información de la estructura del árbol en la madera de este, ayudando para posteriores estudios ambientales e históricos. (1)

Casi desde los orígenes de la Dendrocronología, la Pre-historia ha encontrado en ella un aliado de primer orden para la resolución de una de las cuestiones básicas que le dan razón de ser: conocer “cuándo” se produjeron los fenómenos que estudia, proporcionando tanto un método de datación directa de vestigios arqueológicos lígneos como la vía para la calibración del método de datación arqueológica por antonomasia, el C14. Por otro lado, la Prehistoria, como ciencia con base en el análisis e interpretación de culturas cuyo devenir está en la mayoría de las ocasiones altamente influido por los caracteres de su medioambiente, precisa conocer en lo posible y desde una perspectiva diacrónica el entorno ecológico en el que aquellas se insertan. (2)

Los primeros estudios realizados en el Perú se dieron por el investigador Schwyzer que realizó el análisis de los anillos de crecimiento de árboles de *Myrciaria* sp., *Chorisia* sp. Y *Cedrela* sp. en la región de la Amazonía peruana en el año 1988. (1)

Estudios realizados por la Universidad de Piura en el año 1987 fue unas de las primeras investigaciones que se dio en el norte del Perú registrándose tesis de Flores en el año 1994 y Martínez del año 2002. Rodríguez en el año 1993 selecciono árboles de *Capparis angulata*, *Bursera graveolens* y *Loxopiterigium huasango*, para determinar las curvas del aumento radial del tronco, (1). La dendrocronología en árboles de *Swietenia macrophylla* de la selva tropical amazónica del Perú fue realizada por Alvarado en la Universidad de Sao Paulo en el país de Brasil. Anualmente, en los cursos internacionales de “Ecología de la Conservación y Diseño de Sistema

Forestales Sostenibles” de la UNALM son implementadas clases de dendrocronología

El Valle del Mantaro se sitúa en los Andes centrales del Perú. El valle representa unas de las principales zonas de cultivo de la sierra peruana, con cerca de 340,000 hectáreas de tierras agrícolas, el 29% están bajo riego, existiendo el resto tierras de sequío. El valle incluye parcialmente a los departamentos (regiones) de Junín, Pasco, Huancavelica y Ayacucho. (3).

Siendo el Valle del Mantaro muy variado en el clima presentando sequía y lluvias intensas; teniendo las heladas y sequias como un problema relacionados con la geología (erosión de suelos). Los árboles están expuestos a estos cambio y problemas, y ellos los reflejan a través de sus anillos de crecimiento, y cuya ciencia que estudia las variaciones climáticas y diversos factores en el crecimiento es la dendrocronología que es una método científica proporcionada de un conjunto de principios, técnicas y métodos que permiten medir los anillos de crecimiento anuales, extraer, separar e interpretar la información que contienen de los diferentes factores que han influido en su desarrollo. (4).Teniendo en cuenta que estudios anteriores determinan que aún no se han desarrollado estudios dendrocronológicos de especies nativas dentro del Valle del Mantaro, siendo una zona donde existe gran variedad de ellas, y teniendo conocimiento de las ventajas que ofrece la dendrocronología para conocer la dinámica poblacional y desarrollar planes de conservación y manejo de especies arbóreas motivo por el cual es que se desarrollara el estudio del potencial dendrocronológico de las especies nativas del Valle del Mantaro.

De entre todos los factores, el clima es frecuente en los árboles de una región determinada. La variabilidad interanual e intra anual del clima de dicho territorio afectará a todos los árboles y permanecerá reflejada de forma parecida en el anillo anual determinado por todos los árboles que habitan en la región. Esta similitud entre árboles es notable cuando las condiciones climáticas se vuelven especialmente limitantes para el crecimiento. Por ejemplo, si la disponibilidad de agua es, en un año determinado, el factor más limitante para el crecimiento debido a que las precipitaciones son escasas, todos los árboles de la zona afectada experimentarán un menor

crecimiento por la no disponibilidad de agua. Esto es lo que pasa con mucha frecuencia en las regiones de clima mediterráneo y también en las semiáridas; pero además el anillo formado será todavía más estrecho en aquellos árboles que crezcan sobre un suelo esquelético o con poca capacidad para retener agua como pasa en los suelos arenosos, Por el contrario, en las regiones frías como las boreales o en la alta montaña, el factor más limitante suelen ser las bajas temperaturas de los meses de verano. En nuestro contexto geográfico, mediterráneo y con marcados gradientes y diferencias de clima por el relieve, se dan prácticamente todas las situaciones anteriores.

El clima es el factor ecológico más importante. La variabilidad climática anual imprime una señal clara de su historia en los anillos de los árboles afectando, por ejemplo, a su grosor relativo. Cuando el clima es muy limitante para el crecimiento, los anillos que se forman ese año son estrechos en la mayoría de los árboles de una región, es un año característico. Como consecuencia de la relación entre el desarrollo de los árboles y el clima, las series de anillos anuales formados por los árboles que crecen bajo unas mismas condiciones climáticas presentan una sincronía, su esquema de variación temporal en el grosor es muy similar. Esa secuencia de anillos característicos es propia de un determinado periodo de tiempo: es el vestigio del clima que es identificable a pesar de quedar gravada sobre las marcas de otros factores que también han afectado al crecimiento. Pero, además, esta firma climática es la firma del tiempo, ya que es muy poco probable que un determinado patrón temporal se repita exactamente igual en otro periodo.

1.1.2 Formulación del problema

A) Problema general

¿De qué manera se relacionan el crecimiento radial de las especies arbóreas con la estacionalidad climática del Valle del Mantaro?

B) Problemas específicos

¿Qué relación se encuentra entre la variación interanual de la precipitación y el ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Alnus acuminata*, en el Valle del Mantaro?

¿Qué relación se encuentra entre la variación interanual de la temperatura y el ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Alnus acuminata*, en el Valle del Mantaro?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Determinar las relaciones del crecimiento radial de las especies arbóreas con la estacionalidad climática del Valle del Mantaro

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la relación entre la variación interanual de la precipitación y el ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Alnus acuminata*.
- Determinar la relación entre la variación interanual de la temperatura y el ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Alnus acuminata*, en el Valle del Mantaro

1.3 Justificación y delimitación

La dendrocronología es la ciencia que nos permite estudiar los anillos de crecimiento de los árboles en su año exacto de formación para poder analizar los patrones de crecimiento, variaciones climáticas, eventos de fuego, caudales, ataque de insectos, productividad de los ecosistemas, dinámica de glaciales, deslizamientos(escurrimiento), contaminación; en un periodo corto de tiempo y a escala anual. Siendo la cuenca del Mantaro una de las ciudades más contaminadas del Perú por actividades antrópicas afectando la productividad de los ecosistemas. Siendo la biorremediación una de las alternativas, viables y económica para menguar la contaminación.

Siendo uno de las exigencias la presencia de anillos anuales de crecimiento marcados (visibles) para la aplicación de la dendrocronología por lo cual estudiaremos la potencialidad de la especie andina *Alnus acuminata*, que se encuentran en la zona alta y media del Valle del Mantaro.

En este estudio la dendrocronología nos sirve como “registro ambiental” obteniendo información climática, a través de una de sus ramas que es la dendroclimatología donde se obtendrá como resultado que variable climática influencia en el crecimiento de la especie *Alnus acuminata*.

1.4 Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis de investigación

- Las especies arbóreas presentes en el valle del Mantaro presentan anillos de crecimiento visibles en respuesta a la estacionalidad climática, temperatura y precipitación, por lo cual es posible determinar el crecimiento interanual de estas especies y correlacionarlos con las variables climáticas para determinar su potencialidad dendrocronológica.

1.4.2. Hipótesis nula

- En el valle del Mantaro no existen especies con anillo de crecimiento visibles porque no responden a la estacionalidad climática.

1.4.3. Hipótesis alterna

- La estacionalidad climática en el valle del Mantaro determina la formación de los anillos de crecimiento anuales de las especies arbóreas.

1.4.4. Hipótesis secundarias

- Existe un efecto negativo de la temperatura en el crecimiento radial de *Alnus acuminata* del valle del Mantaro.
- Existe un efecto positivo de la precipitación en el crecimiento radial de *Alnus acuminata* del Valle del Mantaro.

1.5. Variables y operacionalización

1.5.1. Variables

Variable dependiente:

- Índice de anchos de anillos *Alnus alcuminata*

Variable Independiente:

- Temperatura
- Precipitación

1.5.2. Operacionalización

Matriz de operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Escala
Índice de anchos de anillos <i>Alnus alcuminata</i>	Los anillos de crecimiento proporcionan un registro anual que reflejan las condiciones climáticas durante el crecimiento del árbol. De esta manera un anillo ancho se identifica con ambientes cálido y lo contrario significa que o bien hubo la estación de crecimiento duró muy poco o bien se redujo el aporte de agua.	Es el registro natural que tiene los árboles que se data dentro de un periodo de tiempo (anual) indica el crecimiento de los árboles observado en la sección transversal de un árbol.	Crecimiento	Tamaño	Micras (μm)	Continua
			Crecimiento	Tamaño	Micras (μm)	Continua
			Crecimiento	Tamaño	Micras (μm)	Continua
Temperatura	La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro.	Es la temperatura media mensual del área de estudio y de extracción de muestras.	Calor	Promedio de Temperatura	Grados Centígrados	continua
Precipitación	Es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la	Es el registro de mensual precipitación o escases de este del lugar de estudio.	Climática	Total de precipitación	Milímetro Mm/m ²	Continua

	superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo					
--	---	--	--	--	--	--

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

El artículo científico que lleva como título “Potencialidad dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los Andes Centrales de Bolivia” donde el principal objetivo es determinar los parámetros climáticos que intervienen en el crecimiento de *Polylepis tarapacana* y su variabilidad interanual en el crecimiento de los árboles, se tomó muestras dendrocronológicas sobre las pendientes de cuatro volcanes: Sajama, Tunupa, Caquella y Soniquera, en los lugares de extracción las muestras fueron obtenidas con barrenos de incrementos , se obtuvo un total de 77 árboles en este estudio. En la fase de trabajo en laboratorio se realizó el fechado de las muestras antes de ello se procedió al lijado y pulido, la calidad de las mediciones se controló con el programa COFECHA , después del estudio de campo y laboratorio se concluyó que la madera del *Polylepis tarapacana* presenta anillos anuales de crecimiento claramente distinguibles en extensiones correctamente pulidas y que las cronologías obtenidas a partir de *Polylepis tarapacana* se extienden entre 98 y 705 años, siendo las cronologías de lugar de extracción de Sajama y Caquella las más cortas y extensas respectivamente, las cronologías desarrolladas a partir de esta especie representan los registros dendrocronológicos más elevados del mundo. Al finalizar la investigación se obtuvo como resultados que la correlación indica que el crecimiento de *Polylepis tarapacana* está fuertemente regulado por las variaciones interanuales del clima en el Altiplano, el crecimiento radial está largamente afectado por las condiciones climáticas durante

el verano, el crecimiento de la especie se ve favorecido por precipitaciones abundantes en los meses de verano y la relación con la temperatura presenta una correlación negativa en la formación del anillo de crecimiento. (5)

El artículo científico que lleva como título “Potencialidad de *Prosopis ferox* Griseb (Leguminosae, subfamilia: Mimosoideae) para estudios dendrocronológicos en desiertos subtropicales de alta montaña” que presenta como objetivo principal evaluar el potencial dendrocronológico de la especie arbórea *Prosopis Ferox* para estudios con fines dendrocronológicos, se analizó las características anatómicas del leño y las relaciones entre registros climáticos y cronologías de ancho de anillos de una colección realizada, las muestras para este estudio fueron recolectadas en bosques próximos a las localidades de Churquiaguada (23°11'S, 65°19' O) y Quebrada de Sapagua (23°08' S, 65°21' O) a 3.400 m, en la Quebrada de Humahuaca, Provincia de Jujuy, Argentina, entre noviembre de 1999 y mayo de 2000 los investigadores recolectaron 16 secciones transversales y ocho muestras con barreno mecánico de incremento, en troncos vivos y muertos de individuos de *P. ferox* , realizaron cortes histológicos del material colectado para su posterior observación microscópica. Las muestras de barreno como las secciones transversales fueron pulidas con lijas de granos progresivamente más finos, para la identificación de los anillos de crecimiento los cuales fueron correctamente datados al año de formación. La calidad del fechado fue controlada usando el programa COFECHA, las series de ancho de anillos resultantes fueron estandarizadas utilizando el programa ARSTAN; las series estandarizadas fueron finalmente promediadas para obtener una cronología media a partir de los dos sitios muestreados por ello la cronología obtenida constituye una serie temporal que representa las variaciones anuales en el crecimiento radial de los árboles de *P. ferox* en los dos sitios muestreados. Con el objeto de determinar las variables climáticas más fuertemente relacionadas con el crecimiento de los árboles, las variaciones interanuales en el ancho de anillos fueron comparadas con los registros instrumentales (temperatura y precipitación) de La Quiaca (22°06' S, 65°36' O) durante el período 1920-1990, la función de correlación mostró que el crecimiento radial de *P. ferox* en los sitios de estudio, está fuertemente controlado por las condiciones climáticas del verano y el crecimiento radial se relaciona significativamente con temperaturas por debajo de la media y precipitaciones por encima de la media durante el verano (diciembre a marzo), coincidiendo con el

período anual de mayores precipitaciones, con temperaturas medias superiores a los 12 °C y amplitudes térmicas diarias inferiores a los 15 °C en el período 1920-1990 (70 años), no se observan correlaciones significativas con las condiciones climáticas de los meses previos a la estación de crecimiento. (6)

El artículo científico “Estudios Dendrocronológicos en los Ambientes Húmedos de la Puna Boliviana. Bolivia.” se trabajó con la especie *Polylepis pepeí* en Bolivia, el lugar de estudio se encuentra ubicado en coordenadas 17°00'05"S - 65°39'20"W y a 4100 msnm de la vertiente este de la cuenca del Río San Jacinto en la Cordillera de Cochabamba, se tomaron 30 muestras extraídas con barrenos de incremento, dos muestras por árbol posteriormente las muestras se colocaron en regletas manteniendo la posición que la sección de madera tiene originalmente en el árbol después de ello se procedió al lijado de las muestras mecánicamente usando papel de lijas de diferentes texturas de forma ascendente logrando un adecuado pulido, los anillos se fecharon determinando la edad cronológica del último anillo, formando el primer control el cual es armar el esqueleto de las muestras que nos indica que los anillos son los más anchos y los más delgados, un segundo control es el uso del Programa COFECHA que usa la correlación como análisis para controlar la calidad del fechado de las muestras y sus mediciones, subsiguientemente las muestras son analizadas mediante el programa ARSTAN que es un filtro de las series particulares por el cual se mueve la tendencia en crecimiento de largo plazo inscrita al incremento en tamaño y edad del árbol, las relaciones de crecimiento son calculadas para cada año mediante el cociente entre el valor medido y el valor de la serie de ajuste para el mismo año. Los anillos de *Polylepis pepeí* son distinguidos de manera clara, por lo cual son importantes para ser empleadas en estudios dendrocronológicos, los resultados demuestran que las cronologías de los anillos anchos y angostos coinciden por lo cual ellos están ligados a un ciclo estacional de crecimiento, es decir, que son de formación anual; para determinar la influencia del clima sobre el crecimiento de *Polylepis pepeí* se correlacionó con los registros climáticos de las estaciones de las ciudades de la Paz, Potosí, Oruro y Cochabamba. *Polylepis pepeí* presenta relación positiva con las variaciones de la temperatura del verano, los resultados indican que *P. pepeí* proveerá de una red de cronologías sensibles a las variaciones de la temperatura las cuales serán útiles para realizar reconstrucciones climáticas y paleo ambientales (7)

El artículo científico “Dendrocronología de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco de la Sierra Madre Oriental en Nuevo León, México” tiene como objetivo desarrollar las cronologías de la especie *Pseudotsuga menziesii*(Mirb) en tres sitios en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León-México, los arboles *Pseudotsuga* tiene como característica la longevidad y alturas promedio de 13 a 30 m se localizan en pendientes pronunciadas, crece en lugares con climas fríos y húmedos la altitud donde se localizan va desde los 2350 hasta 3100 msnm. El área de estudio se encuentra en la parte de la Sierra Madre Oriental enclavada dentro el estado de Nuevo León, los datos en campo fueron obtenidos en tres sitios ubicados en la Sierra Madre Oriental en el estado de Nuevo León, en los sitios de muestreo se seleccionaron las poblaciones de *Pseudotsuga* con estado fitosanitario óptimo para estudios dendroclimáticos donde se obtuvieron datos necesarios como número de árbol, coordenadas, altitud, pendiente del sitio; entre observaciones generales posteriormente en laboratorio se procedió con el proceso de montado para que después las muestras se lijaran y pulieran y luego ser observadas en el estereomicroscopio para la obtención de cronología, se procedió a la comparación de los patrones de desarrollo de las tres cronologías individuales la cual se obtuvo por el coeficiente de Pearson, como resultado se tuvieron cronologías que van de los 144 años el periodo más corto de edad corresponde a la cronología del cerro “ El Potosí”, la menor correlación interna entre las series individuales de La Encantada se explica por la variación espacial en las que se colectaron las muestras de esta cronología, ya que, a diferencia de los sitios El Potosí y La Marta, en La Encantada se estudiaron árboles que crecen en diferentes exposiciones (norte, noroeste y sur) con diferentes condiciones de suelo y altitud. La sensibilidad media notoria se observa mejor en El Potosí y en menor grado en La Encantada, esto se explica parcialmente por: a) la frecuencia de incendios, b) tipo y profundidad del suelo, c) exposición y d) otros factores que contribuyen a que el crecimiento radial responda rápidamente a los cambios climáticos. (8)

El artículo científico “Dendrocronología de *Pinus cembroides* Zuc”c. y reconstrucción de precipitación estacional para el sureste de Coahuila, que tiene como objetivo examinar el potencial dendrocronológico del pino piñonero en la parte baja del Área Natural Protegida SZA y analizar su sensibilidad climática , generar una reconstrucción de precipitación estacional de *Pinus cembroides* para los últimos 400 años así como cuantificar las fluctuaciones hidroclimáticas en el tiempo,

frecuencia de sequías, períodos húmedos, documentar su efecto social y económico y el impacto de patrones atmosféricos circulatorios, eligieron la especie por tener mayor sensibilidad climática y es factible captar la variabilidad hidroclimática, el área de estudio se localiza en la campiña Cuauhtémoc al sureste de Coahuila dentro de la Sierra de Zapalinamé, que forma parte de la región hidrológica Bravo - Conchos No. 24, en la cuenca Río Bravo - San Juan (B), entre las coordenadas 101°03'23" y 100°54'49" de longitud oeste y 24°18'56" a 25°15'16" de latitud norte, los materiales que utilizaron fue un taladro Pressler, para la elección de los árboles se tomó en cuenta sus características fenotípicas de individuos longevos , se procesaron las muestras con los procedimientos dendrocronológicos estándar con el programa COFECHA el cual analizó la calidad de fechado y se observó la correlación entre las series , el programa ARSTAN elimino la varianza debido a factores biológicos y geométricos , el programa generó tres versiones de cronologías de anillo total , que son estándar , residual y Arstan . Se determinó que el periodo del año crecimiento radial de la especie estuvo más influenciada por la precipitación, se utilizó el programa PRECON, la calibración fue el método usado para el desarrollo del modelo climático. Se tomaron 400 muestras, de las cuales seleccionaron 38 de los cuales se fecharon 67 radios lo cual fue verificado con el programa COFECHA, la correlación obtenida fue de 0.72 lo cual significa que los arboles poseen una señal climática común y el cofechado fue óptimo para fines de reconstrucción paleo climática. (9; 9)

El artículo científico "Dendrocronología en la Pampa del Tamarugal, Desierto de Atacama", Norte de Chile cuyo objetivo fue realizar investigaciones dendroarqueológicas en el desierto de Atacama, se trabajó con las especies de *Prosopis tamarugo Phil* y *Prosopis alba Griseb*, se obtuvieron datos dendrocronológicos como de dendroarqueológicas de las cuales se obtuvo una secuencia de 76 años, en el sitio arqueológico Ramaditas se colectaron muestras de secciones transversales las cuales fueron trasladadas al laboratorio y fueron procesadas con los métodos descritos por Stokes y Smiley, fueron lijadas hasta distinguir claramente los anillos, para el caso específico de las muestras obtenidas de los sitios arqueológicos y por no conocerse el año de formación del primer anillo estas se ingresaron al programa como Undated, generándose una cronología Flotante. Las muestras arqueológicas de la Aldea Ramaditas fue la primera y la segunda cronología, fueron las muestras obtenidas en diferentes localidades de la

Pampa del Tamarugal. La cronología generada en Ramaditas abarco un total de 90 años, en tanto, la longitud de la cronología de tamarugo y algarrobo alcanzo 76 años, las condiciones rigurosas del medio ambiente donde crecen permiten que la variabilidad interanual se vea reflejada en el crecimiento de los anillos de los árboles, haciendo de la Pampa del Tamarugal una fuente importante de registros dendrocronológicos y dendroarqueológicos. Por otro lado, la calidad de los estadígrafos obtenidos en las dos cronologías desarrolladas indica claramente que las cronologías de *P. tamarugo* y *P. alba*, tanto en su versión arqueológica como contemporánea, son adecuadas para ser utilizadas en futuras reconstrucciones climáticas y ambientales del pasado. (10)

El artículo científico “La Dendrocronología Como Fuente De Información de La Dinámica Forestal de *Pinus Nigra* en Checa (Guadalajara)” que tiene como principal objetivo obtener el estudio dendrocronológico de la especie *Pinus nigra* del monte Dehesa Espinea, Checa (Guadalajara)” los investigadores analizaron la distribución de los ejemplares con mayor cantidad de años localizados y los patrones de crecimiento en diferentes tipos de sustratos para elaborar una cronología media. El monte donde se desarrolló el estudio se denomina “Dehesa Espineda” para obtener las muestras se escogieron los arboles más longevos, teniendo en cuenta que tengan características homogéneas como el tipo de sustrato y particulares condiciones orográficas, se extrajeron muestras de 78 árboles en un total de 156 testigos con barrena Pressler, el pie más longevo brotó a mediados del siglo XVII y otros cuatro más superan los 300 años, se han podido relacionar las variaciones de los patrones de crecimiento y el número de reclutamientos acaecido en cada periodo con la intensidad de explotación que ha sufrido la zona los escasos crecimientos constatados a lo largo del siglo XVIII, periodo de recesión monetaria en que estos pinares se desarrollaron lentamente en espesura. Los hechos históricos sucedidos a finales de este tiempo y comienzos del XIX provocaron, por el inverso, un aumento frecuente del desarrollo y nuevas incorporaciones. (11)

La tesis de investigación “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 este estudio fueron aplicadas los métodos de dendrocronología en árboles de *Cedrelinga cateniformis* así se tiene como objetivos principales caracterizar la estructura macro y microscópica en el leño de los anillos de crecimiento determinando las diferencias anatómicas entre la

plantación y el bosque, comprobar la anualidad en la formación de los anillos de crecimiento, aplicación de los anillos de crecimiento en dendroclimatología ,aplicación de la densitometría de rayos X en el estudio de leño y de los anillos de crecimiento. La investigación caracterizó la estructura anatómica del leño y de los anillos de crecimiento, determinándose la edad de los árboles y el ancho de los anillos, consecuentemente sincronizándolos con la utilización de los programas COFECHA, ARSTAN, RESPO, los cuales serán una herramienta dentro del desarrollo de la elaboración de la tesis, determinando la influencia de las variaciones climáticas en la formación del ancho del anillo, como resultado de la investigación se determinó que la variable climática que más influencia en el incremento del tronco en los árboles es la precipitación, principalmente al principio de la estación de lluvias (Enero – Abril y Mayo) indicando el potencial de la especie para reconstrucciones climáticas. (12)

La tesis de investigación “Desarrollo de una cronología de anchos de anillos para Alerce (*Fitzroya cupressoides*) y reconstrucción de la historia de incendios en el área de Abtao, Parque Nacional Chiloé, X Región” donde se desarrolló una cronología de anchos de anillo para Alerce (*Fitzroya cupressoides*) a partir de muestras colectadas en la localidad de Abtao dentro del Parque Nacional Chiloé. Las muestras fueron cofechadas visualmente y posteriormente mediante el programa COFECHA como siguiente paso la cronología fue elaborada a través del programa ARSTAN, ajustando en primer lugar cada una de las series a una curva exponencial negativa, regresión lineal o línea horizontal, con el fin de obtener una cronología estándar y compararla con las demás desarrolladas para la Cordillera de la Costa y con la de Lenca en la Cordillera. A partir de las muestras con cicatrices se construyó una cronología de incendios, la cual evidencia que se han producido incendios en el área desde hace más de ocho siglos atrás. En el caso argentino, pero requiere de un mayor estudio en el caso chileno. (13)

La tesis de investigación “Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de *Tectona grandis* L.f. procedente del Fundo Génova – Junín” presenta como objetivo demostrar la relación entre la tasa de crecimiento de las especies forestales con la anatomía del árbol y como es la influencia de las variaciones climáticas y fenológicas aplicando el análisis dendrocronológico en árboles de *Tectona grandis* (“Teca”) para la obtención de información registrada en el leño sobre el crecimiento de árboles y su

relación con factores externos como temperatura y precipitación en plantaciones forestales, demostrando la evidencia de la naturaleza anual en la formación del anillo de crecimiento, correlacionando los factores de temperatura y precipitación y determinando cuál de éstas variables es la que tiene mayor influencia en el crecimiento además establecer la edad y tasa de crecimiento de los árboles de “Teca” en plantaciones. Se utilizó el barreno Pressler para extraer las muestras radiales del fuste se prepararon las muestras para el análisis dendrocronológico por medio de los anillos de crecimiento, determinándose la edad de los árboles y el ancho de los anillos, previo sincronizado mediante la utilización de los programas COFECHA, ARSTAN, RESPO, determinando la influencia de las variables climáticas en la formación del ancho de los anillos; habiéndose encontrado que la edad de los árboles es de 25 años; siendo la precipitación la variable climática que más influye en el incremento del fuste de los árboles, principalmente al inicio de la estación de lluvias (Diciembre – Febrero); por lo que la “Teca” es de gran potencial para reconstrucciones climáticas. El trabajo contribuye en el uso de los programas para poder obtener las comparaciones entre las cronologías y las variables climáticas. (14)

La tesis de investigación “Estudio dendrocronológico de una población de *Polylepis rugulosa* en los Andes semiáridos de Arica y Parinacota” que tiene como objetivo determinar las tasas de crecimiento y edades máximas que puede alcanzar *Polylepis rugulosa* explorando el potencial dendrocronológico de la especie evaluando la señal común del crecimiento entre árboles, la tesis estudia a *Polylepis rugulosa* por ser una especie emblemática en los Andes, esta especie se encuentra entre los 3400 y 4100 m.s.n.m. del Altiplano chileno, no se encuentran mucha información acerca de su biología y estado de conservación es por ello que también que se desarrolló este estudio. Se tuvo 96 series de ancho de anillos de la especie estudiada, 79% fueron cofechadas exitosamente teniendo como edad máxima de la especie dos siglos y se recolectaron muestras de árboles ya muertos donde la edad máxima es de 170 años, obteniendo como resultados que las cronologías de crecimiento de *Polylepis rugulosa* indican una relación positiva con los registros de precipitación y que el crecimiento radial es de 0.708 mm/año. En comparación de otras especies como con *Polylepis tarapacana*, indica que a partir de la segunda mitad del siglo XX se han observado relaciones positivas entre ambas variables (temperatura y precipitación). La disponibilidad hídrica estaría jugando un mayor rol sobre el crecimiento de *Polylepis rugulosa*, estos resultados representan la primera

información acerca de las tasas de crecimiento, longevidad, y relaciones entre el clima y el crecimiento de *Polylepis rugulosa* contribuyendo de esta forma con información clave para futuros planes de conservación. (15)

La tesis de investigación “Crecimiento y dendrocronología de *Cedrela odorata* en un bosque de la Amazonía Ecuatoriana” el objetivo principal es estudiar el crecimiento de *Cedrela odorata* y su potencial dendrocronológico, el trabajo de campo se realizó en bosques no estacionales de la Amazonia boliviana en el Parque Nacional Yasuni. Se obtuvieron muestras de 44 árboles y se tomaron mediciones dimétricas de 110 individuos entre los años 2013 y 2015, los resultados que se obtuvieron es que los anillos de un mismo año variaron ampliamente entre las muestras que fueron recolectadas, la relación en entre anillos de crecimiento y precipitación resulto positiva y con gran significancia en más del 50 % de las 44 muestras, se determinó que el cedro en el área de estudio si forma anillos de crecimiento anual . (16)

El artículo de divulgación “Dendrocronología de *Alnus acuminata* en el bosque reservado de San Pedro de Saño, Huancayo” que tiene como objetivo evaluar el potencial dendrocronológico de *Alnus acuminata* para estudios posteriores en dendroclimatología, la investigación se realizó en San Pedro de Saño y se relacionó el crecimiento de los árboles con los registros instrumentales de temperatura media, máxima y mínima, precipitación y horas sol de las estaciones meteorológicas de Huayao y Santa Ana. Dando como resultado el crecimiento de los árboles tuvo una relación negativa con la temperatura mínima mensual del mes de abril del año de estudio, en la estación de Santa Ana presento una relación positiva y significativa para el crecimiento de los árboles en los meses de marzo y diciembre; las horas sol presente en el mes de abril tiene una correlación significativa en el crecimiento radial de los árboles, factores que presentan una relación positiva son las precipitaciones del verán previo y primavera del año favoreciendo el crecimiento del árbol y en otoño el árbol entra en dormancia por las bajas temperaturas que presenta esta estación. (17)

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Fundamentos teóricos

Dendrocronología

El nombre indica una relación muy estrecha entre los árboles y el tiempo. La palabra deriva del griego dendron (árbol), crono (tiempo) y logo – conocimiento y denomina una disciplina científica dotada de un conjunto de principios, técnicas y métodos que permiten datar los anillos de crecimiento anuales, extraer, separar e interpretar la información que contienen de los diferentes factores que han influido en su crecimiento. Las series dendrocronológicas permiten la investigación en numerosos campos de la ciencia ya que constituyen un registro del tiempo y un archivo de los acontecimientos pasados, por ello también son muy útiles para datar acontecimientos que hayan afectado a los árboles (perturbaciones), y datar objetos y construcciones de madera. (4)

Ramas de la dendrocronología:

La Dendrocronología convoca la atención de especialistas en estudios de productividad forestal, reconstrucción de la variabilidad climática, evaluación del incremento de CO₂ atmosférico, contaminación, fechado de maderas arqueológicas, incidencia de ataques de insectos, movimientos de suelo, etc. Dada esta diversidad de aplicaciones de la dendrocronología las ramas de esta ciencia también son diversas. (18)

Dendroarqueología

Campo de la dendrocronología que utiliza anillos de los árboles fechados para investigaciones arqueológicas. Fue una de las primeras aplicaciones de la Dendrocronología. Por ejemplo, para la determinación del periodo exacto de cuándo un árbol fue derribado, transportado, trabajado y usado en la construcción de edificios u objetos. (18)

Dendroecología

Es la rama de la dendrocronología que utiliza anillos. El anillado de los árboles para estudiar problemas ecológicos y ambientales. Así también, fenómenos relacionados a la dinámica de los bosques como infestaciones con insectos, aparición de determinadas plagas, aumento de poblaciones de animales que comen o ramonean partes de los árboles, efectos de la actividad humana, etc. (18)

Son sub campos de la Dendroecología:

- **Dendroclimatología**

Un sub campo de la Dendroecología que analiza los anillos de los árboles datados para reconstruir y estudiar el clima del presente y del pasado. (19)

- **Dendrohidrología**

Investiga y fecha la dinámica del entorno acuoso; cambios en la hidrología del sitio, cambios en el curso de un río, inundaciones periódicas, crecidas, cambios en el nivel de lagos, represamientos de ríos y cambios en los procesos erosivos de sus márgenes. (19)

- **Dendroglaciología**

Para investigar y fechar la dinámica de los glaciares de antes y de ahora; cambios en el frente de los glaciares, tanto por avance como por retracción, avalanchas, daños producidos por nevadas extraordinarias. (19)

- **Dendrogeomorfología**

Para fechar los procesos de la superficie terrestre; movimientos del suelo como hundimientos, deslizamientos de tierra, cambios de pendiente, caída de rocas, avalanchas de barro, erosión del suelo al nivel de raíces, etc. La Dendrosismología es un subcampo de la Dendrogeomorfología. (19)

- **Dendrosismología**

Los efectos de sismos y terremotos que registran los árboles, se evidencian por los daños físicos que producen tales eventos. Así tenemos que en los anillos de crecimiento se presentan anillos ausentes, rupturas en la superficie o fraccionamientos. Por otro lado, las dislocaciones que sufren las capas producen daños en la estructura del árbol, como resquebrajamiento de las raíces, regiones de tensión, inclinación del árbol, etc. (19)

- **Dendroquímica**

Investiga cuestiones químicas en la estructura del anillado de un árbol, especialmente metales pesados, contenido isotópico, etc. Tiene especial desarrollo la Dendroisotropía la determina y analiza el contenido isotópico en la celulosa de la madera. (19)

- **Dendropirocronología**

Para investigar y fechar la dinámica de los incendios naturales de antes y de ahora. (19)

Principios de la Dendrocronología:

- **El principio de uniformidad de la respuesta**

Este principio establece que los procesos físicos y biológicos que rigen los actuales procesos ambientales se relacionan con los patrones de crecimiento de los árboles y han operado desde el pasado, es decir, "el presente es la clave del pasado" (19) Dendrocronológicamente hablando a este principio, se le ha adicionado: "el pasado es la clave del futuro", en otras palabras, modelando las condiciones ambientales que operaron en el pasado, podemos predecir y administrar aquellas que se presentarán en el futuro. (19)

- **El principio de los factores limitantes**

Sostiene que la tasa de crecimiento de una planta se encuentra condicionada por la variable ambiental primaria más limitante. Incluso, podemos decir que dicha variable ambiental o factor limitante frecuentemente actúa sobre otros factores no climáticos. (19)

Es por ello que en regiones áridas y semiáridas el factor limitante para el crecimiento de los árboles es la precipitación y ello conlleva a que dificulte el crecimiento de los anillos de crecimiento, en otros lugares donde hay altas latitudes el factor limitante es la temperatura. (19)

- **El principio de agregación de los factores ambientales**

Establece que cualquier serie individual que modela el crecimiento de los árboles en el tiempo puede ser "descompuesta" en un conjunto de factores ambientales. De modo que, podemos expresar en términos matemáticos el crecimiento del anillado del árbol (R) en un año "t" cualquiera, apreciando que está compuesto por varios factores, entre los que podemos mencionar (19):

$$R_t = A_t + C_t + \square D_{1t} + \square D_{2t} + E_t$$

A: La tendencia de la edad relativa de crecimiento debido al proceso de envejecimiento fisiológico normal.

C: El clima que se presenta durante ese año.

D1: La ocurrencia de factores endógenos, es decir, relativos únicamente al propio árbol como individuo.

D2: La ocurrencia de factores exógenos, es decir aquel disturbio externo que afecta a todos o un grupo importante de individuos.

E: Valor aleatorio (error) por los procesos no considerados debido a la influencia de otros factores.

- **Principio de Amplitud Ecológica**

Este principio determina que una especie es más sensible a los factores ambientales en los límites latitudinales y de elevación de su rango de hábitat. (19)

Este principio es importante porque frecuentemente las especies de árboles utilizados en dendrocronología se encuentran en los límites de su rango natural. (19)

- **Principio de datación cruzada o sincronización**

La datación cruzada es considerada el principio fundamental de la dendrocronología; ya que sin la precisión que de ella se obtiene, la información sobre el anillado de los árboles no sería más que un simple recuento de anillos. (19)

Esta sincronización se basa en los cambios anuales del macro clima; puesto que todos los árboles padecen estos cambios macro climáticos, algunos años se notan en todas las secuencias. De tal manera que, si se hace coincidir la secuencia de los anillos entre muchas series de crecimiento de árboles se puede identificar el año exacto en el cual cada anillo fue formado. Por ejemplo, uno puede fechar la construcción de una casa antigua, comparando los patrones de crecimiento de los árboles a partir de madera tomada de la casa con patrones de crecimiento de

árboles vivientes. (19). Adicionalmente, esta sincronización nos permite detectar otro tipo de errores como la ausencia en la formación de un anillo, producto de un periodo de sequía en el que el árbol no crece y por tanto no se crea ningún anillo, u otra circunstancia.

- **Principio de Replicación**

Según este principio se puede maximizar la señal medioambiental que está siendo investigada reduciendo al mínimo la cantidad de "disturbio". Para lograrlo, se toman muestras de más de un radio del tallo por árbol, y más de un árbol por sitio, es decir diferentes réplicas de un centro de incremento por árbol, de tal manera que reducimos altamente la cantidad de "variabilidad intra-árbol" (señal medioambiental no deseable). Más aún, si obtenemos numerosas muestras de árboles de un lugar, y quizás desde muchos lugares en una región, podemos asegurar que la cantidad de "disturbio" (factores ambientales que no están siendo investigados, como la contaminación del aire) sea mínima. (19)

Condiciones para aplicar la Dendrocronología

La dendrocronología es posible al hecho a que muchos árboles generan anillos anuales visibles en la sección de un disco de tallo exhibiendo patrones característicos. Cuatro condiciones son necesarias para que estos patrones usados en el fechado de especies. (20)

- **Primera condición**

Los árboles usados para el fechado deben agregar un anillo por cada estación de crecimiento, es decir, que deben tener crecimiento anual. Especies donde se agregan más de un anillado por año no pueden ser usadas para este propósito. (20)

- **Segunda condición**

El crecimiento total de una especie durante una estación es el resultado de muchos factores que interactúan tales genéticos y ambientales. Solo un factor ambiental debe ser predominante en limitar el crecimiento. En América del Sur, este factor limitante es la precipitación. Ahora pueden existir otros factores predominantes dependiendo de la zona, por

ejemplo, en Alaska, es la temperatura. En el Perú el factor limitante sería la lluvia. (20)

- **Tercera condición**

El factor climático limitante del crecimiento anual debe variar en intensidad de año a año y el anillo anual resultante refleje fielmente tal variación en su ancho. Aunque el ancho del anillo no sea necesariamente, directamente proporcional a la precipitación, los anillos deben ser finos en años de sequía y evidentemente anchos en un año lluvioso. (20)

- **Cuarta condición**

La variable ambiental y factor limitante del crecimiento, debe ser uniformemente efectivo sobre un área geográfica grande. Si esto no sucede, las cronologías compuestas se tendrían que realizar para cada área pequeña. Las diferencias secundarias, característica del área pequeña, siempre existe, pero los modelos básicos del anillo son semejantes lo suficiente para permitir fechado entre árboles que crecen distanciados unos de otros. (20)

Especies Representativas Del Valle Del Mantaro

Entre los principales árboles figuran el quinal (*Polylepis sp.*), el quishuar (*Buddleia incana*), el aliso (*Alnus alcuminata*), el molle (*Schinus molle*), la tara (*Caesalpinia spinosa*) y el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), siendo este último introducido (21). Los arbustos: chinchilcoma (*Mutisia viciaefolia*), el marco (*Ambrosia peruviana*), la chamana (*Dodonaea viscosa*), la retama (*Lygos sphaerocarpa*), tanquis o mutuy (*Cassia sp.*), chilca negra (*Fluorencia macrophylla*); entre las plantas cultivadas tenemos: papas, maíz, cebollas, alcachofas, habas, trigo, cebada, avena, coles, calabazas, lechugas, zanahorias, arvejas, betarragas, apios, poros, etc. Los frutales: tumbos (*Passiflora mollisima*), capulí (*Physalis pubescens*), guindas (*Prunus serotina*), manzanos, melocotones, higos, ciruelos, níspero japonés, etc. Flores: la cantuta (*Cantua buxifolia*), rosa, claveles, fucsias, copas de oro y muchas más. (21)

Climatología – Descripción de La zona de estudio.

Valle del Mantaro

Lluvias intensas:

Las lluvias intensas se identifican cuando la precipitación en un día es igual o supera el percentil 95 (lluvias en el 5% de valores más altos que se han presentado), se ha calculado el número de eventos por año (considerando desde el 1° de julio al 30 de junio del siguiente año) en las cuales la precipitación diaria sobrepasa el mencionado umbral.

Se ha encontrado que en promedio se presentan 14 eventos por año, con una variabilidad de +/- 4 días, habiéndose reducido a 11,6 eventos por año en la última década. Número de días por año con lluvias diarias iguales o superiores al percentil 95 en Huayao. (22)

Inicio de temporada de lluvias:

Tomando como valor umbral el percentil 10 (P10) de la lluvia acumulada para el periodo julio-octubre (lluvias en el 10% de valores más bajos que se han presentado) de la lluvia acumulada para el periodo julio-octubre, se ha calculado la fecha de inicio de la temporada de lluvias para cada año. (22)

Los resultados muestran una gran variabilidad de año a año, con una tendencia promedio positiva, que indica que en general hay un retraso de la fecha de inicio de las lluvias, de aproximadamente 20 días desde los años 20 del siglo pasado. Fecha (en días julianos) en que las lluvias acumuladas en Huayao superaron los 88,6 mm. (P10). (22)

Inicio de temporada de heladas:

Para las heladas de intensidad menor o igual a 0°C, se encontró que entre la década del veinte y cincuenta, las primeras heladas se presentaban sólo entre abril y junio, pero a partir de 1960 pueden iniciarse también entre mediados de febrero y fines de marzo. (22)

Para todo el periodo (1921-2010) se ha obtenido una tendencia negativa, indicando, que durante las últimas 5 décadas la primera

helada del año se está presentando más temprano. En la figura, fecha de inicio de temporada de heladas (menor igual a 0°C) en Huayao. (22)

Temperaturas máximas extremas:

En las temperaturas máximas se observa desde los ochentas, un fuerte incremento del número de días cálidos extremos, que superan el percentil 90 del período 1971-2000, con valores por encima de los 10 días por año, hasta el valor histórico de 36 días ocurrido el 2010 (22). La tendencia promedio desde el año 1921 a la fecha, es de un día de incremento de día cálido por década, pero si se toma desde 1976 a la fecha, la tendencia promedio se ha duplicado (+2.3 días/década). En la figura, número de días por año con temperaturas máximas en Huayao, con valores superiores o iguales al percentil 90 (periodo base 1971-2000) (22)

Especie nativa de Estudio

Alnus acuminata:

EL "ALISO"

2.4.1 TAXONOMÍA

Reino: Plantae

División: Angiospermae (Magnoliophyta)

Clase: Dicotyledoneae (Magnoliopsida)

Orden: Fagales

Familia: Betulaceae

Género: *Alnus*

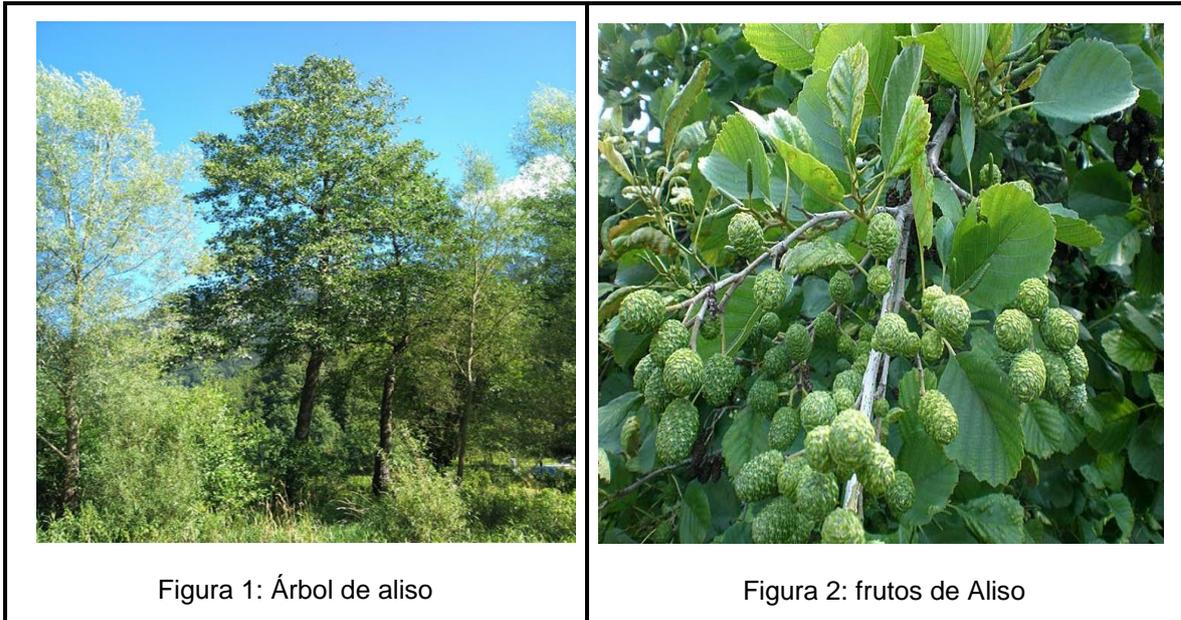


Figura 1: Árbol de aliso

Figura 2: frutos de Aliso

Fuente: Consulta Plantas

El aliso es una especie ampliamente distribuida en América, principalmente, en zonas de media y alta montaña, desde México hasta el norte de Argentina.

Se desarrolla preferiblemente en suelos de origen volcánico, tanto en zonas de alta pendiente como en planicies. Se caracteriza por árboles de fuste recto, crecimiento rápido y poca ramificación, y puede alcanzar hasta 40 m de altura y 60 cm de diámetro. (23)

Morfología

Es una especie de vida media, de tamaño variable con alturas hasta de 30 m y diámetro de 50 cm; excepcionalmente puede alcanzar hasta 40 m de altura y 60 cm de diámetro. Tiene fuste recto, con aletones pobremente desarrollados, y es cónico cuando crece sin competencia. La corteza es de color grisáceo, a veces plateado, con lenticelas amarillentas, ovales y circulares dispuestas horizontalmente a lo largo del fuste. La copa es irregular y generalmente es angosta. (23)

El aliso posee un sistema radical superficial y extendido. La raíz presenta nódulos, como consecuencia de la simbiosis con un actinomiceto del género

Frankia, posiblemente la especie *Alnus*, capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. Los nódulos forman grupos hasta de 6 cm de diámetro y se concentran en los primeros cinco centímetros del suelo. Entre los componentes químicos de estos nódulos se halla un glicósido de color amarillo rojizo capaz de inhibir el crecimiento de hongos patógenos. (23)

Las Hojas son simples, alternas, acuminadas, de forma elíptica u ovoide, de 8 a 15 cm de largo por 3 a 6 cm de ancho, con bordes dentados irregularmente. El haz es de color verde oscuro y algo brillante y el envés verde claro a grisáceo, y frecuentemente con pelos de color ocre o rojizo. Por ser una especie caducifolia, pierde las hojas antes de la floración.

Las flores son unisexuales, dispuestas en inflorescencias llamadas amentos (23). Las flores masculinas se encuentran en amentos terminales en forma de espiga y de color verde amarillento, de 5 a 12 cm de largo y caen enteros después de la floración; las flores femeninas se encuentran dispuestas en amentos cortos (en forma de piña), de 2 cm de largo, de color verde y erecto. En la misma rama se encuentran flores de ambos sexos (23).

Los frutos están dispuestos en infrutescencias llamadas estróbilos, en forma de conos o piñas pequeñas, ovoides, de color verdoso a amarillento en estado inmaduro y marrón al madurar, con 1,5 a 3 cm de largo, escamas leñosas, algo alado y persistente donde se alojan las semillas (23). Un árbol adulto puede producir de 6.000 a 10.000 frutos, cada uno con 80 a 100 semillas. (23)

La Semilla es elíptica, plana, de color marrón claro brillante, de 0,65 a 1,34 mm de largo, con dos alas angostas y pequeñas. El peso de la semilla es variable y algunos autores indican que su variación se relaciona con la latitud de la región de procedencia, encontrándose entre 1'400.000 y 4'400.000 semillas viables por kilogramo. (23)

La madera recién cortada es de color anaranjado pálido, y posteriormente adquiere un tono de castaño a rojizo claro. Es suave y liviana, con una densidad básica que fluctúa entre 0,3 g/cm³ en edades tempranas, hasta 0,4 g/cm³ después de los 30 años. (23)

No existe una diferencia notoria entre albura y duramen. La madera no posee sabor y emana un suave olor; es de textura fina y uniforme, moderadamente blanda, seca rápido, y no se deforma ni se raja fácilmente.

El aliso es de gran valor en el Valle del Mantaro, porque dan origen a productos maderables y no maderables para los pobladores de la Valle.

Los pobladores usan el aliso en el proceso de la ebanistería y en el tallado, a la vez que las hojas de esta especie son usadas por sus propiedades medicinales. Su corteza sirve para dar origen a tintes de diversos colores.
(23)

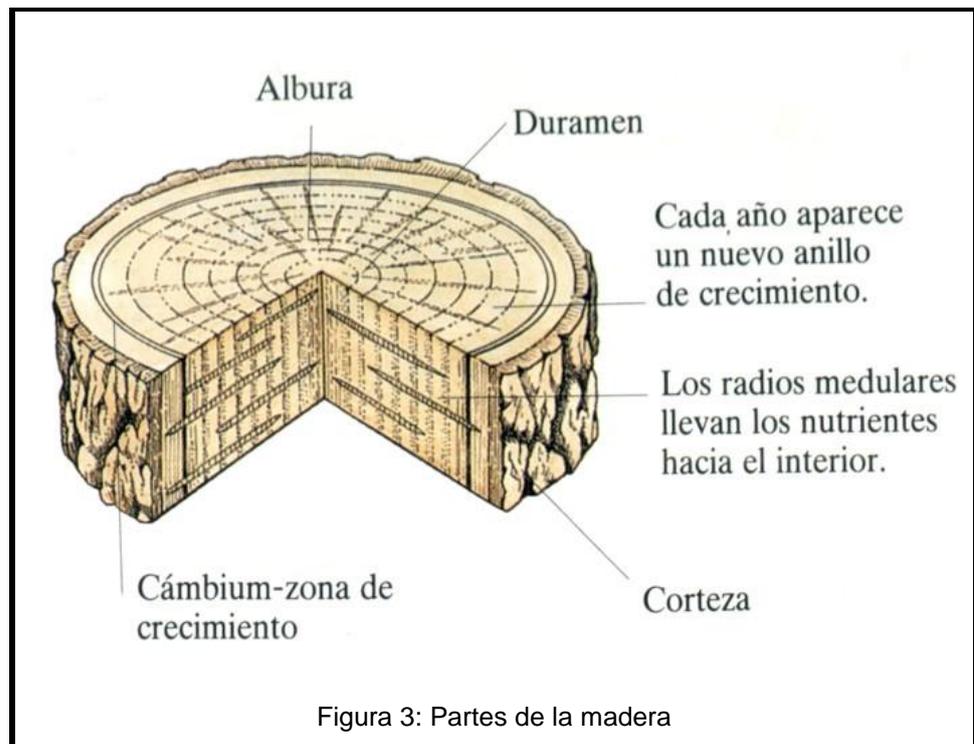
Anillos de crecimiento de los árboles:

Normalmente, en zonas de clima templado, los anillos de crecimiento representan un incremento anual del árbol. Cada año se forma un anillo, razón por la que son llamados anillos anuales. Estos determinan la edad del árbol. Un análisis de los anillos de crecimiento, nos indica si el árbol tuvo un crecimiento rápido (anillos bien espaciados), o lento (pequeño espacio entre anillos); o aquellos años que han sido desfavorables para la planta (espesores menores), o más beneficiosos (espesores mayores) (24).

Un anillo de crecimiento típico consta de dos partes - leño temprano (de primavera o inicial) - leño tardío (de otoño o de verano)

El Leño de Primavera corresponde al crecimiento del árbol al inicio del período vegetativo, normalmente en primavera, época en que las plantas reinician su actividad vital con toda intensidad luego de un período de dormancia. Las células producidas en este período presentan las paredes delgadas, lumen grande y adquieren en conjunto una coloración clara (24). A medida que se aproxima el fin del período vegetativo, normalmente el otoño, las células van disminuyendo su actividad vital, y consecuentemente las paredes se tornan más espesas y sus lúmenes menores, tomando el conjunto un aspecto más oscuro, constituyendo el Leño de Otoño o Tardío. Esta alternancia de colores se observa normalmente en los anillos de crecimiento de numerosas especies, especialmente en las Coníferas. En maderas de Latifoliadas, los anillos de crecimiento pueden destacarse por:

a) La presencia de una faja de células parenquimáticas que limita dos anillos de crecimiento (parénquima marginal), que aparece macroscópicamente como una línea tenue de tejido más claro, p.e. Acacia aroma, Prosopis alba, P.nigra (Mimosoideas). (24)



Fuente: Libro anatomía de la madera

Además de las características propias de la especie, los árboles que crecen en regiones con estaciones del año marcadas, presentan anillos de crecimiento bien nítidos, mientras que las que crecen en lugares donde las condiciones climáticas se mantienen constantes durante gran parte del año, tienen anillos de crecimiento poco notables (24). En numerosas especies tropicales, los anillos de crecimiento corresponden a períodos de sequía o períodos de lluvia, caída de hojas y /o dormancia, pudiendo ocurrir dos o más ciclos en un año, por lo tanto, los anillos de crecimiento no siempre son anillos anuales. Es común encontrar en troncos, anillos de crecimiento discontinuos o los llamados falsos anillos de crecimiento, que dificultan la determinación exacta de la edad de un árbol y cuya formación puede atribuirse a causa externas que alteran el funcionamiento normal del cambium (24). Los anillos discontinuos, ocurren principalmente en árboles

que presentan copa asimétrica. Algunas regiones del tronco permanecen en dormancia durante una o varias estaciones de crecimiento, provocando discontinuidad en los anillos. Las causas de la presencia de los falsos anillos de crecimiento pueden ser: heladas tardías, caída temporaria de hojas, defoliación y fluctuaciones climáticas en general. El ancho de los anillos de crecimiento varía desde una fracción de mm hasta algunos cm, esto depende de la especie y de otros factores: duración del período vegetativo, temperatura humedad, calidad del suelo, insolación y tratamiento silvicultural (espaciamiento, raleos, etc.) (24). La distribución de los anillos de crecimiento es una característica que permite una rápida apreciación de la clase y calidad de la madera. En las coníferas por ejemplo el leño temprano tiene elementos de paredes delgadas y lumen grande, ya que su función primordial es la conducción. El leño tardío, más denso, formado por células de paredes espesas y lumen pequeño, tiene como función principal la de sustentación. (24)

Existen diferentes técnicas para determinar los anillos de crecimiento:

Aplicación de colorantes: Las características estructurales del leño temprano y tardío hacen que la absorción de los colorantes, en ellos, sea diferente, acentuándose así los anillos de crecimiento. (24)

Inmersión en ácido: habrá una corrosión más intensa en las partes correspondientes al leño inicial, destacándose los anillos por ondulaciones o zonas ásperas. (24)

Exposición en llama de un mechero Bunsen: los anillos se diferencian por partes negras más brillantes. (24)

Medición de la intensidad luminosa que atraviesa un corte delgado de madera a lo largo de un anillo de crecimiento (24).

Aparatos test: presentan una aguja que fluctúa a pequeños intervalos en el leño, registrando mecánicamente el esfuerzo requerido, a profundidades de penetración mediante una fuerza constante. La interpretación de diagramas

obtenidos permite identificar los leños temprano y tardío y, consecuentemente, dos anillos. (24)

Exposición de Rayos X: se mide la intensidad de radios que atraviesan el leño a lo largo del anillo de crecimiento. (24)

2.2.2 Metodologías usadas en el proceso de investigación

- Datación cruzada
- Medición de los anillos y validación estadística de la datación
- Construcción de la cronología maestra

2.2.3 Técnicas e instrumentos y procesos

- El análisis de documentos.:
- La Observación del participante

Registro de la información

2.2.2 Metodologías existentes

- Datación cruzada

La datación de las secuencias de anillos de los árboles vivos viene facilitada porque es una secuencia que está anclada en el tiempo, ya que el último anillo corresponde al último año de crecimiento (20). De manera que, retrocediendo hacia atrás en la secuencia de anillos, es decir en el tiempo, se va asignando a cada uno de ellos el año de calendario durante el cual se formó. A medida que se hace esta asignación, se anotan también los anillos característicos como son los anillos estrechos, los muy anchos, los que tienen la madera tardía clara, anillos de helada, etc. Por ejemplo, en nuestra región, podemos reconocer en cualquier árbol el anillo de los años 1984 y 1986, por ser estrechos debido a la sequía, los de los 1931 y 1963 por el frío, el 1871 es un anillo de helada por haberse producido heladas tardías en la primavera (20). El anillo del año 1972 es característico por presentar la madera tardía clara como consecuencia de la ola de frío polar que llegó hasta los Pirineos y paró el metabolismo secundario de producción de lignina, sustancia que oscurece las células de la madera tardía. Para estar seguros de que las dataciones individuales de las secuencias de anillos son correctas, se lleva a cabo la comparación de las dataciones individuales: es el proceso de interdatación o datación. Para ello se comprueba, visualmente,

si existe o no una sincronía de los anillos característicos de todos los árboles. La interdatación se basa en la sincronía que hay en el patrón de anillos característicos de los árboles que han crecido bajo las mismas condiciones climáticas durante un periodo común. Los cambios en el grosor de los anillos reflejan la respuesta de los árboles a la variabilidad del clima, teniendo en cuenta que de su respuesta depende su supervivencia y que no puede marchar del lugar donde nació. (20)

- Medición de los anillos y validación estadística de la datación

Una vez que las series individuales se han datado e ínter datado se mide el grosor de los anillos. La validación estadística de las dataciones se lleva a cabo determinando el grado de sincronía entre las series mediante el coeficiente de correlación con un nivel de significación del 95% y 99%. El programa estadístico más utilizado es el COFECHA. (4) Los pasos fundamentales que realiza este programa son: - Eliminar la tendencia debida a la edad y calcular los residuos para que las series sean estacionarias, con la misma media. - Comparar cada serie individual con la cronología maestra elaborada con el resto de series. Es decir, en la cronología maestra nunca interviene la serie que está siendo comparada. La comparación consiste en calcular el coeficiente de correlación, una medida del grado de sincronía entre series. El resultado nos da tantos coeficientes de correlación como series haya. Calcula la correlación entre la cronología maestra y cada serie por segmentos de años que el usuario puede especificar, por defecto son de 50 años ($r=0,328$; $p<0,01$). Además, computa el coeficiente de correlación desplazando la serie sobre la cronología maestra 10 posiciones hacia un lado y otras 10 posiciones hacia el otro, el objetivo es determinar si hay alguna posición que, de una mejor correlación, en tal caso querría decir que hay anillos ausentes o que hay algún anillo repetido. También nos informa de potenciales errores de medición. (4)

- Construcción de la cronología maestra

Modelo conceptual agregado del crecimiento de los árboles La señal climática gravada en los anillos hace factible la validación de la datación. Pero esta señal no es la única que queda registrada. En los anillos se superponen muchas señales –información– que reflejan las variaciones de

todos aquellos factores internos y externos que influyen en el crecimiento. Un modelo aditivo con el que se pretende considerar un conjunto de factores que pueden haber afectado al grosor de los anillos suele usarse en dendrocronología para describir la variabilidad de las series de crecimiento. El modelo es bastante simple porque los factores se clasifican en grupos y porque tampoco considera las interacciones entre ellos. De todas maneras, proporciona un marco conceptual de referencia para muchas aplicaciones en dendrocronología.

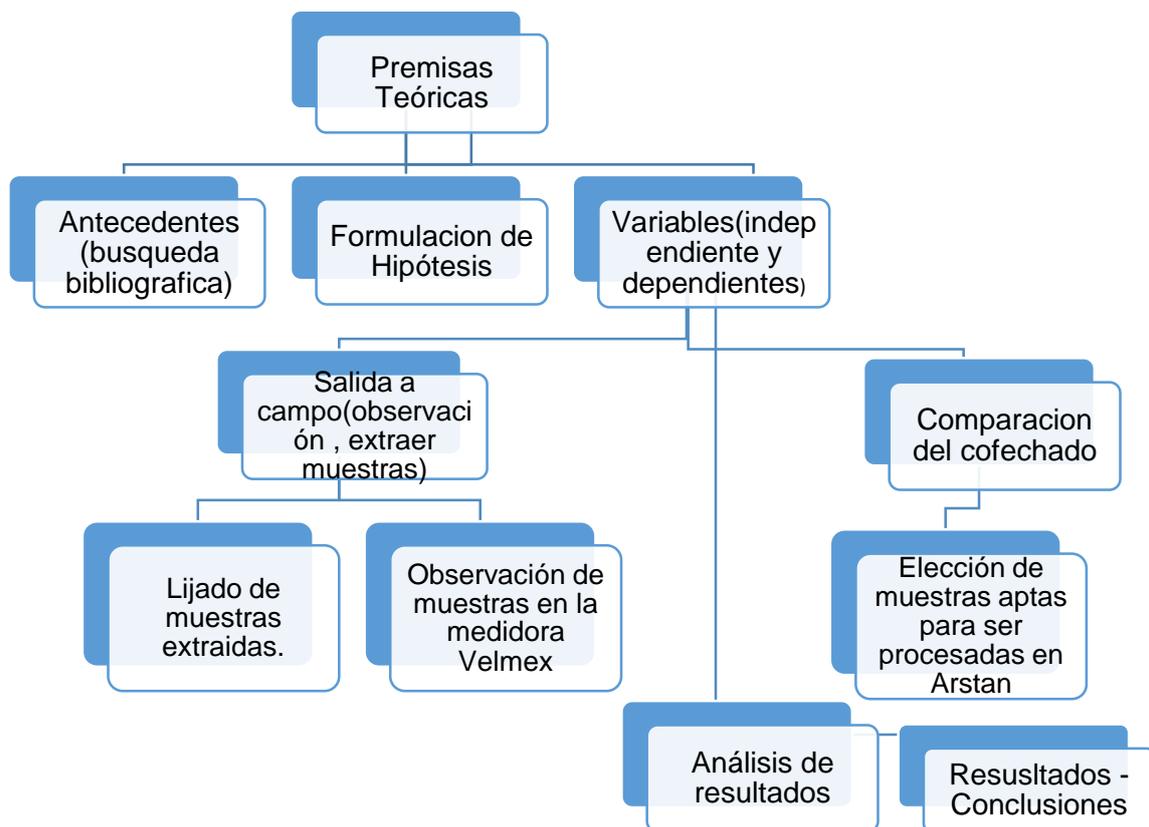
2.2.3 Técnicas e instrumentos de investigación

Continuando con el procedimiento de inter datación pueden datarse de forma absoluta los anillos de los árboles muertos, de maderas viejas utilizadas en construcciones u objetos, etc. siempre y cuando las series de anillos tengan una superposición temporal de un número de años suficiente que nos permita reconocer el patrón temporal característico de la huella del clima. Al mismo tiempo, estas nuevas series datadas pueden incluirse en la cronología y alargarla más hacia atrás en el tiempo. (25)

Construcción de la cronología maestra Modelo conceptual agregado del crecimiento de los árboles La señal climática gravada en los anillos hace factible la validación de la datación. Pero esta señal no es la única que queda registrada. En los anillos se superponen muchas señales información que reflejan las variaciones de todos aquellos factores internos y externos que influyen en el crecimiento. Un modelo aditivo con el que se pretende considerar un conjunto de factores que pueden haber afectado al grosor de los anillos suele usarse en dendrocronología para describir la variabilidad de las series de crecimiento (25). El modelo es bastante simple porque los factores se clasifican en grupos y porque tampoco considera las interacciones entre ellos. De todas maneras, proporciona un marco conceptual de referencia para muchas aplicaciones en dendrocronología. La expresión matemática del mismo es: $G_t = T_t + C_t + a_1 \cdot P_{1t} + a_2 \cdot P_{2t} + \epsilon_t$ Donde, G_t es la serie de valores del grosor observado (medido) del anillo del año t . T_t es la serie de valores predichos por una función de crecimiento que recoge la tendencia debida a la edad ya que los anillos son más estrechos a medida que el árbol va aumentando el diámetro. C_t es la serie de residuos,

las diferencias entre los valores de la tendencia debida a la edad y los valores del grosor de los anillos observados; esta desviación con respecto a la tendencia se debe a los efectos del clima. P1t y P2t son cambios bruscos observados en las series de crecimiento anual debido al efecto de perturbaciones de distinta índole. Y ϵ_t es un término de error no atribuible a ninguno de los factores anteriores y que se considera una variabilidad aleatoria. De esta manera y según el objetivo del estudio, lo que se hace es extraer la señal que interese mediante la utilización de técnicas estadísticas y matemáticas considerando ruido el resto de señales (25)

2.2.4 Diseño de modelo teórico o conceptual



2.3 Definición de términos básicos

- **Datación:** Determinación de la fecha en que surge o se produce una cosa (un escrito, un objeto, una obra, un acontecimiento, etc.) o de la edad de rocas, minerales, seres vivos o restos arqueológicos.
- **Densidad:** Relación entre la masa y el volumen de una sustancia, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de otra sustancia tomada como patrón.
- **Dinámica:** Conjunto de hechos o fuerzas que actúan con un fin determinado.
- **Dioico:** Que tiene las flores unisexuales en tallos y troncos separados.
- **Ecosistema:** Sistema biológico constituido por una comunidad de seres vivos y el medio natural en que viven.
- **Envés:** Cara opuesta al haz o cara principal de ciertas cosas (una tela, una tabla, etc.). Cara inferior de la hoja, opuesta al haz.
- **Exógeno:** Que se forma o nace en el exterior de otro. Que se debe a causas externas.
- **Folíolos:** Cada una de las hojas pequeñas que forman una hoja compuesta, hojuela: los folíolos salen del mismo peciolo
- **Influencia:** Efecto, consecuencia o cambio que produce una cosa en otra.
- **Instrumento:** es cualquier objeto que se usa como medio para arribar a un fin. Es por lo tanto un medio o recurso, para arribar a lo que se desea conseguir.
- **Leño:** Trozo grande y grueso de un tronco de árbol o de una rama gruesa, generalmente cortado y limpio de ramas.
- **Proceso:** Conjunto de fases sucesivas de un fenómeno o hecho complejo. Procesamiento o conjunto de operaciones a que se somete una cosa para elaborarla o transformarla.
- **Ramificación:** Parte secundaria de una cosa que nace o deriva de otra cosa principal. Acción de ramificarse
- **Sección:** Parte con forma generalmente geométrica que junto con otras constituye una cosa material o un conjunto de cosas.
- **Secuencia:** Serie de elementos que se suceden unos a otros y guardan relación entre sí. Orden o disposición de una serie de elementos que se suceden unos a otros.

- Simbiosis: Asociación íntima de organismos de especies diferentes para beneficiarse mutuamente en su desarrollo vital.
- Sincronizar: Hacer que dos o más hechos, fenómenos, movimientos, mecanismos, etc., sean sincrónicos, estén en perfecta correspondencia temporal.
- Sucesión: Acción de suceder una serie de elementos en el espacio, en el tiempo o en un orden
- Técnica: Es un procedimiento o un conjunto de procedimientos prácticos, en vistas al logro de un resultado, o a varios resultados concretos, valiéndose de herramientas o instrumentos, y utilizando el método inductivo y/o analógico, en cualquier campo del saber o del accionar humano.
- Temperatura: Grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

A) Método general o teórico de la investigación

Se utilizó como método general el Descriptivo Correlacional. Método Descriptivo porque se describe a la especie nativa de estudio *Alnus acuminata* sus características de crecimiento y factores favorables para el crecimiento de sus anillos de crecimiento y su formación

Método Correlacional al determinar la relación del crecimiento radial de *Alnus acuminata* con la estacionalidad climática del Valle del Mantaro, las muestras se extrajeron de Apata y del San Pedro de Saño por ello se tomó las estaciones meteorológicas de Santa Ana y de Jauja por la cercanía a las zonas de extracción

B) Método específico de la investigación

Método Deductivo Correlacional

Se usó el método Correlacional en la investigación porque a través de los principios de la dendrocronología y estudios anteriores se supo que esta *Alnus acuminata* si presenta anillos anuales de crecimiento en tanto se debía

de saber si los lugares de recolección permitían que la especie tenga las condiciones óptimas para el buen desarrollo del árbol.

Se dedujo que las muestras extraídas de Apata y San Pedro de Saño nos daría una buena cronología y con el programa COFECHA las muestras que no presentaban una secuencia similar a la mayoría se fueron descartando hasta poder llegar a las adecuadas y tener una cronología correcta. Las muestras que presentaron una correlación entre sí son las que luego son procesadas por el programa ARSTAN, cuyo programa nos da como resultado 3 cronologías: Estándar, Residual y Arstan, para la investigación se trabajó con la cronología estándar, en Excel se trabajó la correlación con las variables climáticas temperatura, precipitación y temperatura estacional cuya información fue otorgada por SENAMHI de las estaciones de Jauja y Santa Ana por la proximidad a las zonas donde se recolecto las muestras. Excel nos da los cuadros de relaciones e influencia de las variables climáticas a la vez el valor de significancia que es denominado "r" o Relación de Pearson que variara según la zona de recolección de muestras y dependiendo de las cronologías obtenidas. Los demás datos de precipitación estacional, temperatura estacional y cronología estándar son agrupados de tal forma que supere el valor de "r" ya sea de forma negativa o positiva que reflejara si esta relación es directa o indirecta dependiendo de las variables climáticas. Una vez ya delimitada la agrupación de los meses, cronologías y variables se procede a graficar la relación de ellas con el Programa Sigma Plot 10.0 donde se verá claramente la correlación de los meses con las cronologías y los años tomados en cuenta, de ahí se dará la conclusión final.

3.1.2 Alcances de la investigación

A) Tipo de investigación

Observacional, según la intervención del investigador prospectiva según la planificación de la toma de datos.

En el estudio porque en el momento que se escogió el árbol para extraer la muestra se observó que tenga un estado fitosanitario apto, y se actuó de acuerdo a los principios de la dendrocronología en el momento de escoger la ubicación que en el caso de la especie *Alnus acuminata* requiere de mucha agua para su crecimiento es por ello que antes de

elegir la muestra se observó que este no se encuentre al lado de un riachuelo para que no se desvirtúe los resultados respecto a la variable de la precipitación.

Que no tenga muchos árboles a su alrededor por la competencia de nutrientes y que la variable temperatura no se vea afectada.

Transversal según el número de tiempos en la que se mide la variable de estudio.

En el estudio la variable dependiente es la que fue medida en varias ocasiones, los anillos de crecimiento con la ayuda del estereomicroscopio y la medidora velmex fueron medidas para saber cuál de las muestras era apta para ser procesadas mediante los programas COFECHA y ARSTAN.

Descriptivo según el número de variables de interés describiendo los datos y características de la población de las especies nativas, de su lugar de crecimiento y que es lo que influye en su crecimiento, la precipitación o la temperatura y en qué mes se acelera la formación de los anillos de crecimiento, nuestras variables.

B) Nivel de investigación

Descriptivo relacional. Por la variable dependiente los anillos de crecimiento, se mide el grado de relación que tiene con las variables independientes si la relación con la precipitación es directa o inversa si favorece en el crecimiento de la especie o si impide su desarrollo y con ello la formación de anillos anuales o si gracias a la precipitación se forman los anillos falso.

Si la temperatura es quien favorece al crecimiento de la especie o de manera inversa.

3.2 Diseño de la Investigación

3.2.1 Tipo de diseño de investigación.

La investigación a realizar es de tipo no experimental descriptivo. No experimental porque se analizó la realidad de nuestras muestras de la especie de *Alnus acuminata*, de los lugares donde se extrajo, su estado

fitosanitario óptimo para ser estudiado, y sus anillos tal como se notaba en la medidora Velmex para ser cofechadas.

No experimental porque no se altera el estado de las muestras recolectadas, solo son lijadas luego contabilizados los anillos de crecimiento y su ancho para posteriormente ser procesadas en los programas COFECHA y ARSTAN que nos dará como resultado la cronología de los anillos de crecimiento y para ser comparadas con las estaciones de Santa Ana y Jauja.

Correlacional, porque se va a establecer la relación de nuestras dos variables independientes la precipitación y temperatura influyo en el crecimiento de los árboles y en el ancho de los anillos. También de los lugares de extracción que son Apata y San Pedro de Saño si la temperatura o la precipitación favorece en el crecimiento de los árboles y de los anillos.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población está compuesta por los árboles de *Alnus acuminata*, distribuidos en la cuenca alta y media del valle del Mantaro con características fenotípicas óptimas.

Lugares de extracción:

Los lugares de extracción están dentro de la cuenca alta y media del valle del Mantaro, que fueron elegidos por encontrar mayor cantidad de la especie en estudio.

Apata:

Código Ubigeo: 120403

Región: Junín

Provincia: Jauja

Distrito: Apata

Altitud: 3332 msnm

Latitud: 11°51'21"

Longitud: 75°21'25"

Superficie: 421.62 Km²

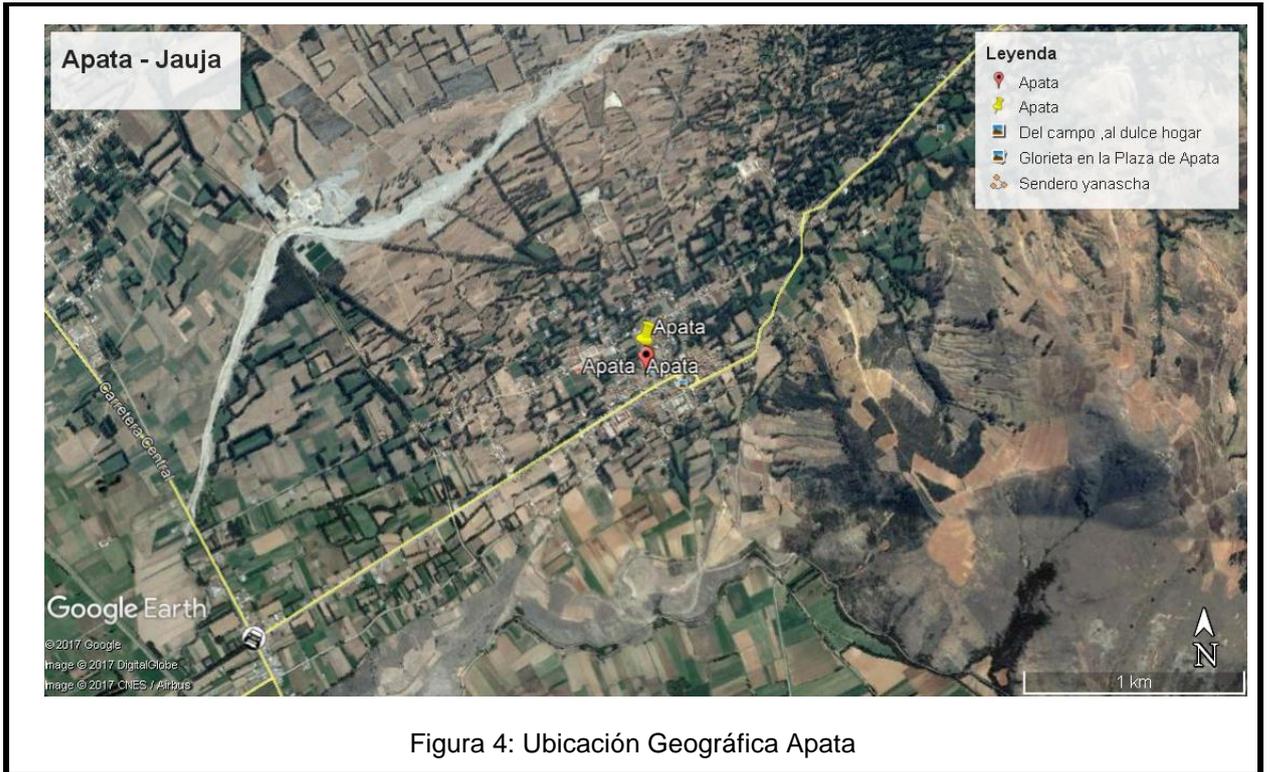


Figura 4: Ubicación Geográfica Apata

Fuente: Google Earth

El distrito de Apata se ubica en la margen izquierda del Valle del Mantaro, en la provincia de Jauja- Región de Junín. A una distancia de 16 Km al sur de la ciudad de Jauja; A treinta y dos (32) km. de la provincia de Huancayo (Nor-este). (26)

LÍMITES

Norte. - El distrito de San Lorenzo, el Mantaro (Charquihuasi), Masman, Chicche, Julcan y Molinos. (26)

Sur. - Distrito de Matahuasi, Santa Rosa de Ocopa, Heroínas Toledo, San Jerónimo y Comas. (26)

Este. - Distrito de Monobamba y Comas. (26)

Oeste. - Centro poblado menor de Yanamucllo (distrito de Matahuasi, Concepción).

Clima:

La Temperatura oscila entre los 5°C hasta los 25 °C. variante en el transcurso del día: frío por la mañana y noche y por las tardes normalmente es caluroso. (26)

Hidrografía:

La hidrografía del distrito de Apata, básicamente se debe a la presencia de puquios, es decir, a las pequeñas erupciones de aguas subterráneas que brotan hacia la superficie terrestre; entre los principales puquios se tiene: TAWANPUQUIO que se encuentra en el anexo de la Unión, normalmente sus aguas son utilizadas por la Junta Administradora de Agua Potable del distrito, como para el uso doméstico; y otro de los puquios principales, es QUISHUARPUQUIO, también utilizadas para uso doméstico. (26)

Incorporándose una gran variedad de puquios que se encuentran en los centros poblados de Chicche, San José, Miravalle, La Nueva Esperanza. (26)

De la misma forma, se presencia lagunas en Apata cuya cantidad sobrepasan las; sus aguas benefician al distrito y a los diferentes distritos del Valle del Mantaro para el riego, uso doméstico, industrial y comercial. Las lagunas presentan características muy peculiares pudiendo ser de tamaño, vegetación y sus recursos ictiológicos. (26)

Las lagunas se ubican a partir de los 3 800 m.s.n.m., donde se encuentran los poblados: San José y Chicche; entre las principales lagunas tenemos: Pomacocha, Atacocha, Pihuacocha, Huascacocha, Azulcocha, Padría, Tipicocha, Tranca Grande, Torococha, Sorococha, Verdecocha, Leoncocha, Muquina, Puricchampa, Izcaycocha, Yanacocha, Paccha, Toroluquina, Escaldita, Calzoncocha, Tinyacocha, etc. (26)

San Pedro de Saño:

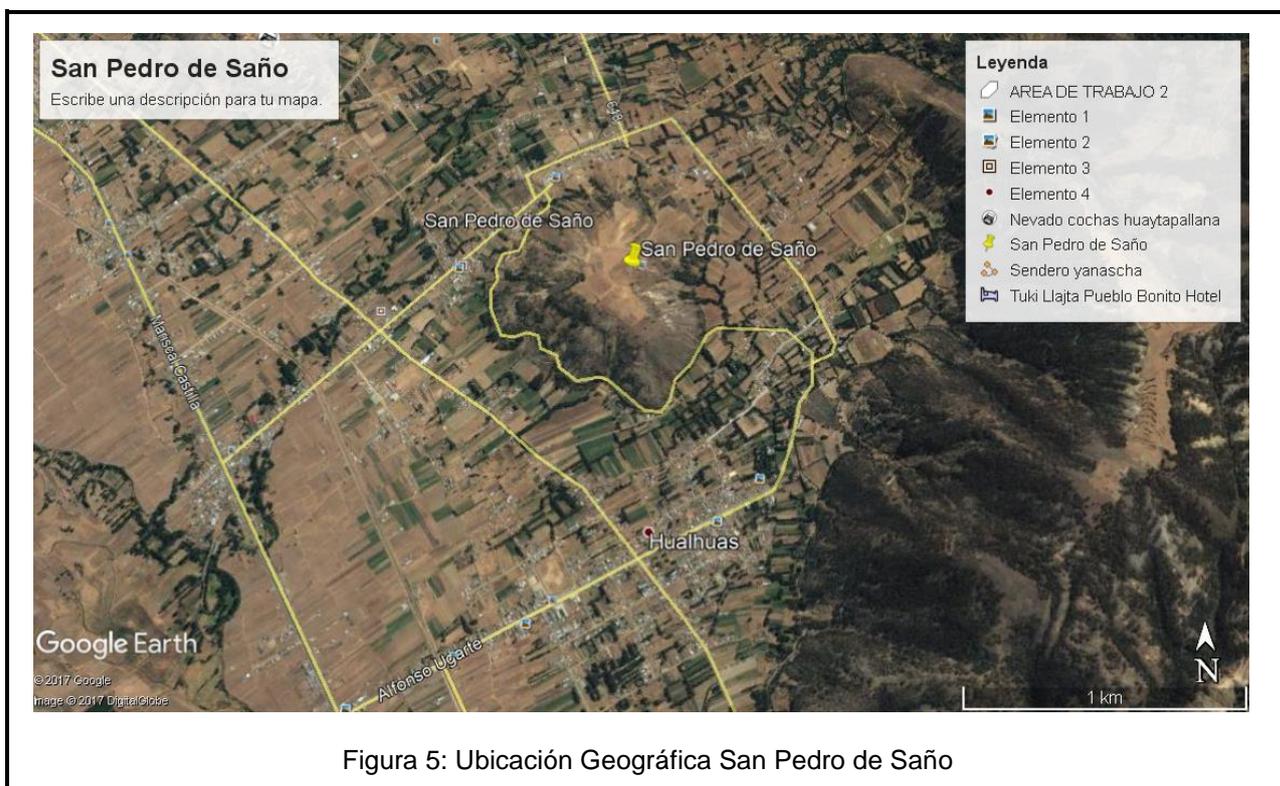


Figura 5: Ubicación Geográfica San Pedro de Saño

Fuente: Google Earth

El distrito de Saño se ubica en la provincia de Huancayo a 13 km. hacia el norte de Huancayo capital de Junín.

Tiene un área de 11,59 km², su territorio se halla de norte a sur por el río Mantaro; también por los ríos Ilish que es afluente del río Anya que baja desde Casacancha en el distrito de Ingenio y desemboca en el río.

Presenta una altitud de 3 286 msnm y sus coordenadas geográficas son 11 grados 57 minutos 15 segundos Latitud Sur y 75 grados 5 minutos 18 segundos Longitud Oeste

Estaciones Meteorológicas

Tabla 1: Estaciones meteorológicas empleadas en estudio

Estación	Variable	Periodo de registro	Latitud (°S)	Longitud (°O)	Fuente
Santa Ana	Precipitación	1992-2014	12° 00' 15"	75° 13' 15" O	SENAMHI
Santa Ana	Temperatura Max.	1992-2014	12° 00' 15"	75° 13' 15" O	SENAMHI
Santa Ana	Temperatura min	1992-2014	12° 00' 15"	75° 13' 15" O	SENAMHI
Jauja	Precipitación	1991-2014	11°47' 11.9"	75°29' 12.8"	SENAMHI
Jauja	Temperatura Max.	1991-2014	11°47' 11.9"	11°47' 11.9"	SENAMHI
Jauja	Temperatura min	1991-2014	11°47' 11.9"	11°47' 11.9"	SENAMHI

Fuente: SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú

Estación Santa Ana – Datos climáticos de temperatura máxima y mínima y Precipitación.

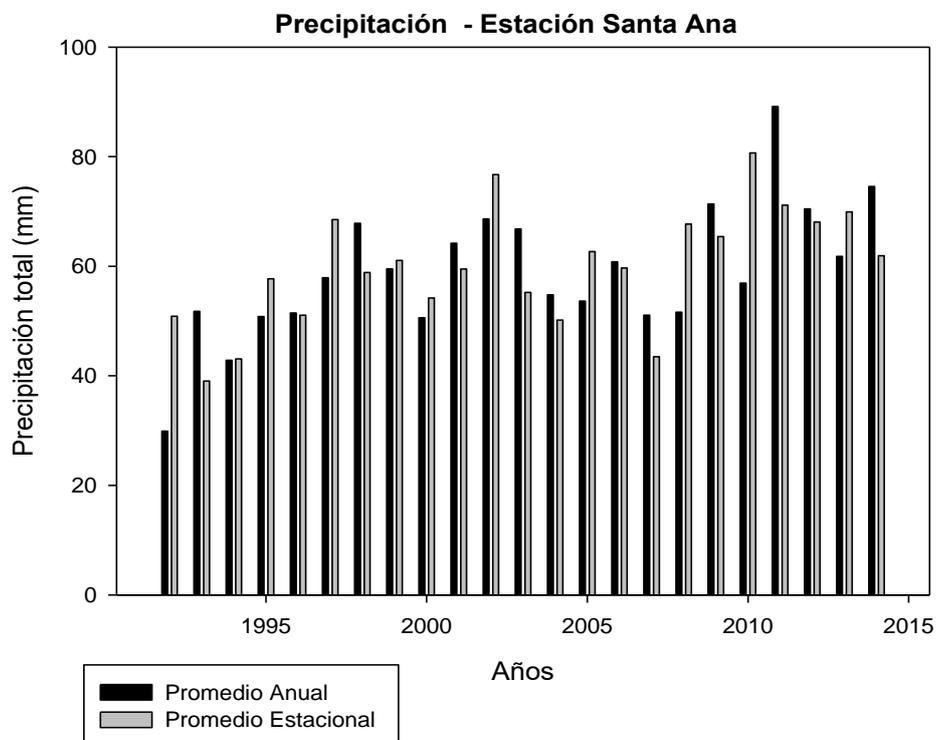


Figura 6: Datos de la precipitación de la Estación Santa Ana

En la figura 6 se plasma los datos de precipitación del promedio anual y promedio estacional de la estación Santa Ana, cuyos datos fueron proporcionados por SENAMHI, se tomó desde el año 1992 hasta el 2014, con esos datos se realizará la correlación con las cronologías de las muestras de San Pedro de Saño.

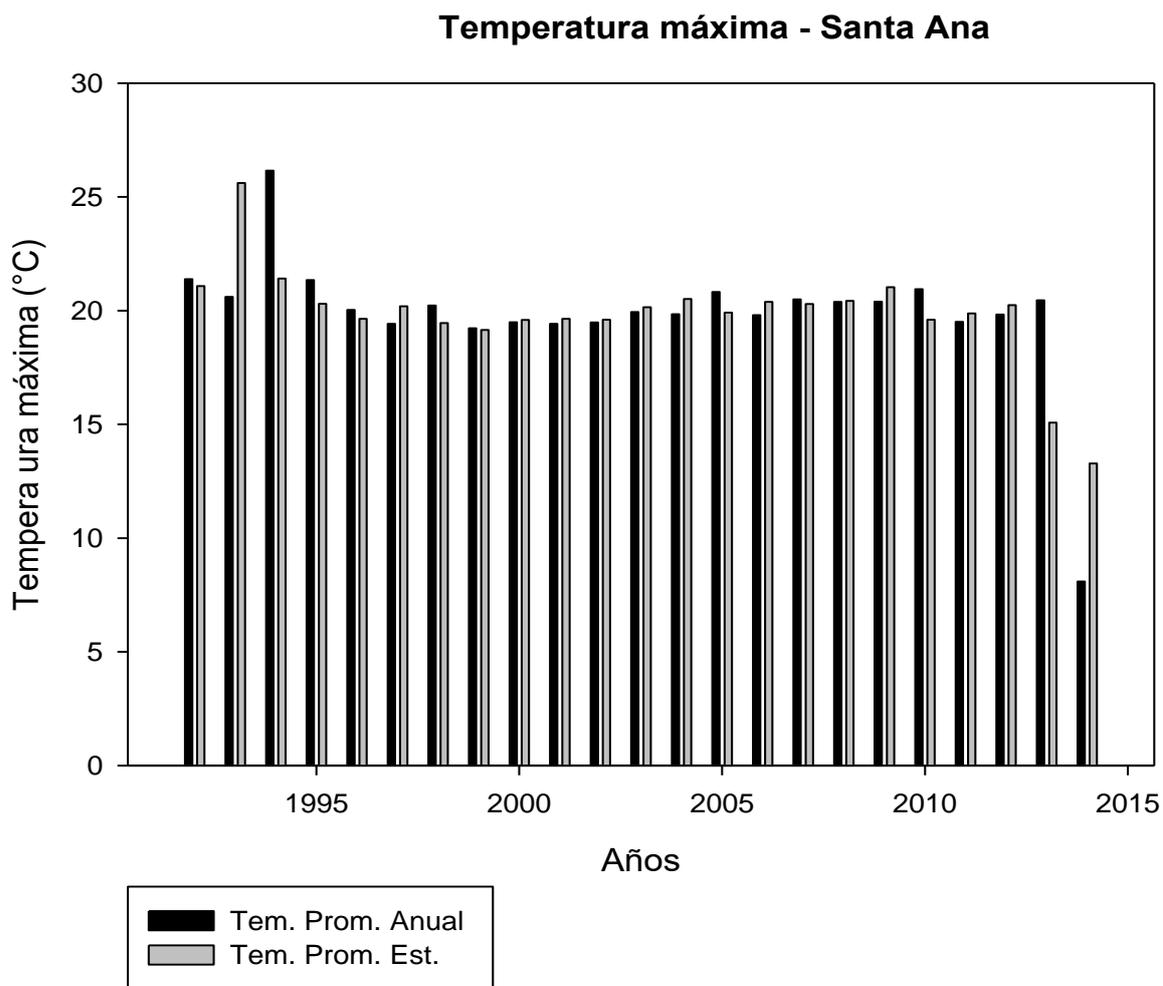


Figura 7: Datos de la temperatura Máxima de la Estación Santa Ana

En la figura 7 se plasma los datos de temperatura máxima del promedio anual y promedio estacional de la estación Santa Ana, cuyos datos fueron proporcionados por SENAMHI, se tomó desde el año 1992 al 2014, con esos datos se realizará la correlación con las cronologías de las muestras de San Pedro de Saño.

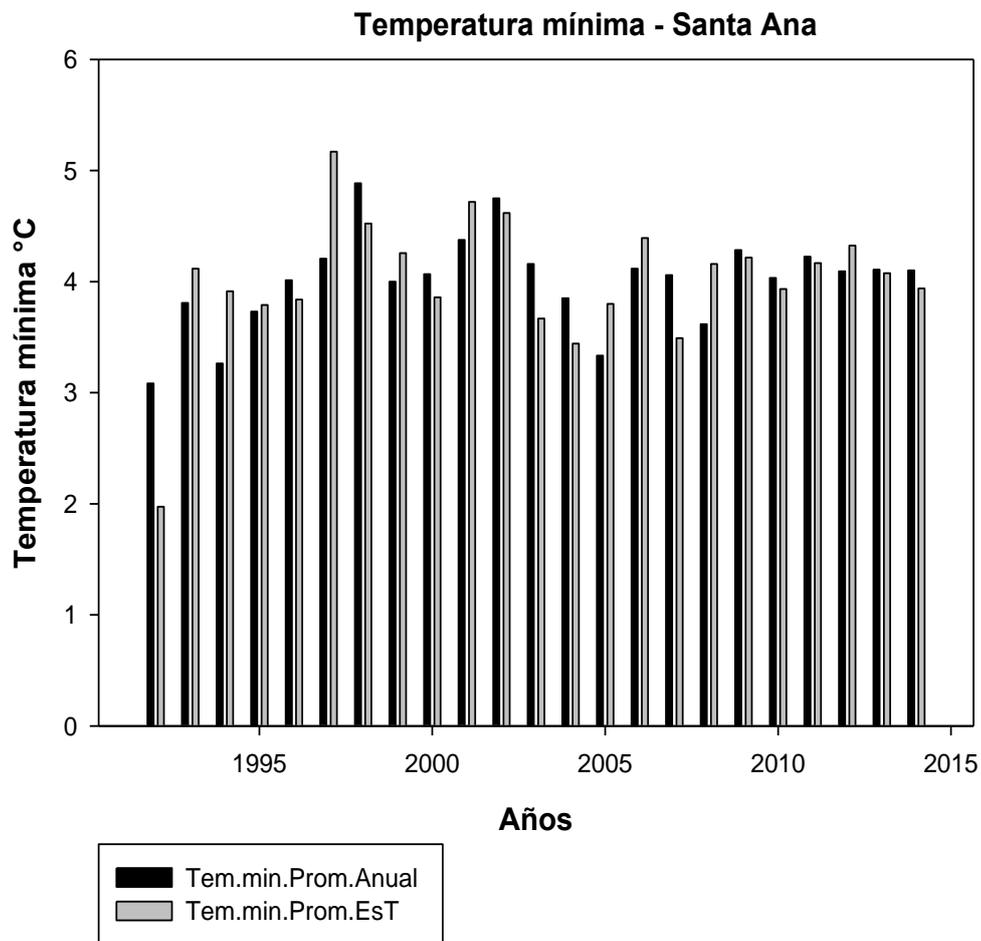


Figura 8: Datos de la temperatura mínima de la Estación Santa Ana

En la figura 8 se plasma los datos de temperatura mínima del promedio anual y promedio estacional de la estación Santa Ana, cuyos datos fueron proporcionados por SENAMHI, se tomó desde el año 1992 al 2014, con esos datos se realizará la correlación con las cronologías de las muestras de San Pedro de Saño.

Estación Jauja – Datos climáticos de temperatura máxima y mínima y Precipitación.

Precipitación Jauja

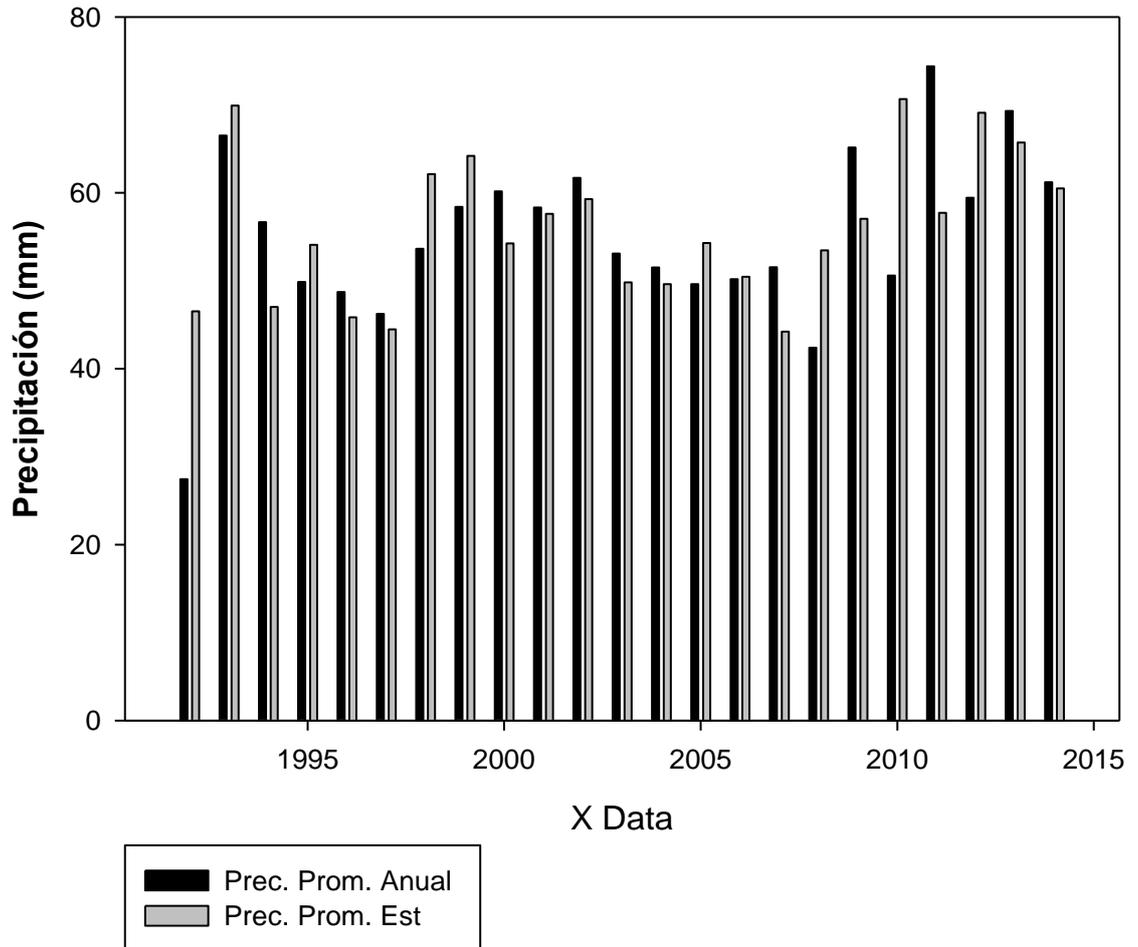


Figura 9: Datos de precipitación de la Estación Santa Ana

En la figura 9 se plasma los datos de precipitación del promedio anual y promedio estacional de la estación Jauja, cuyos datos fueron proporcionados por SENAMHI, se tomó desde el año 1991 hasta el 2014, con esos datos se realizará la correlación con las cronologías de las muestras de Apata.

Temperatura máxima -Jauja

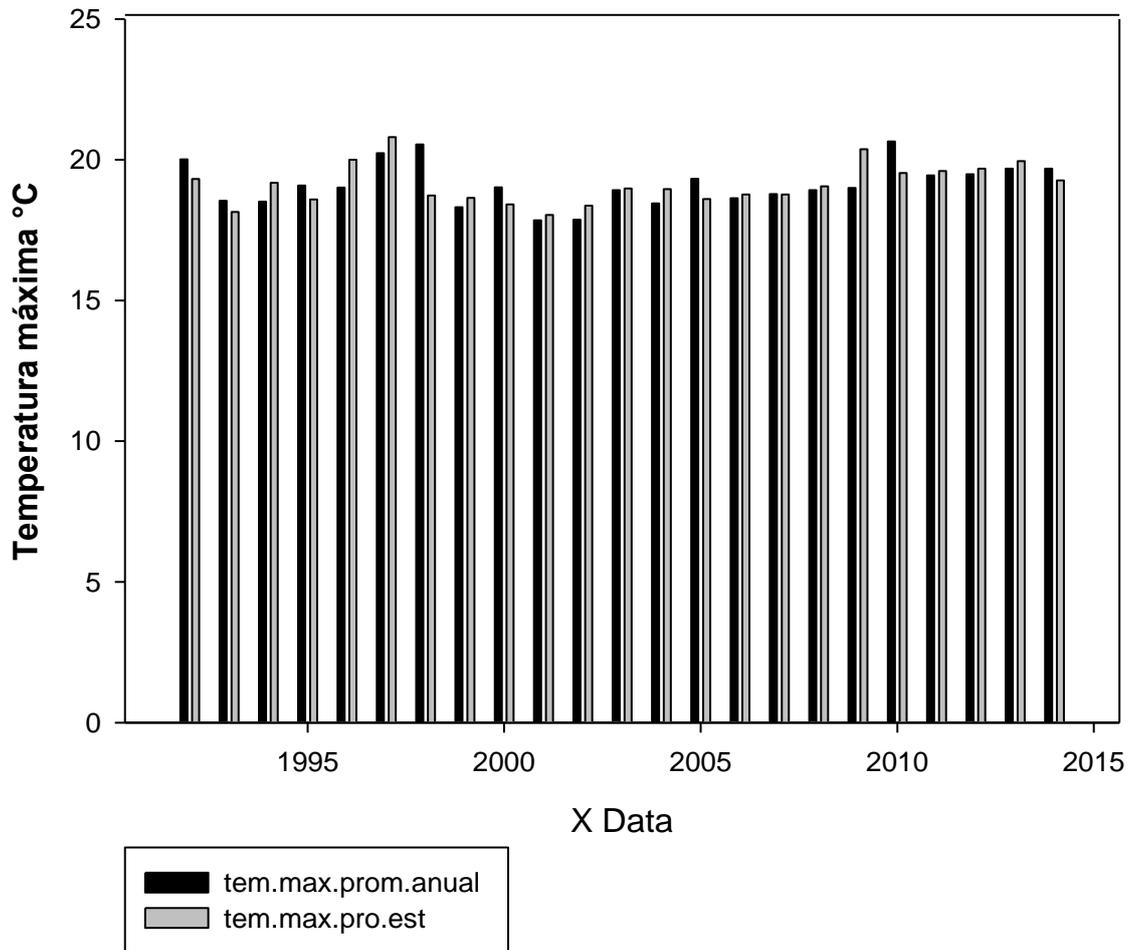


Figura 10: Datos de la temperatura máxima de la estación Jauja

En la figura 10 se plasma los datos de temperatura máxima anual y promedio estacional de la estación Jauja, cuyos datos fueron proporcionados por SENAMHI, se tomó desde el año 1991 hasta el 2014, con esos datos se realizará la correlación con las cronologías de las muestras de Apata.

Temperatura mínima - Jauja

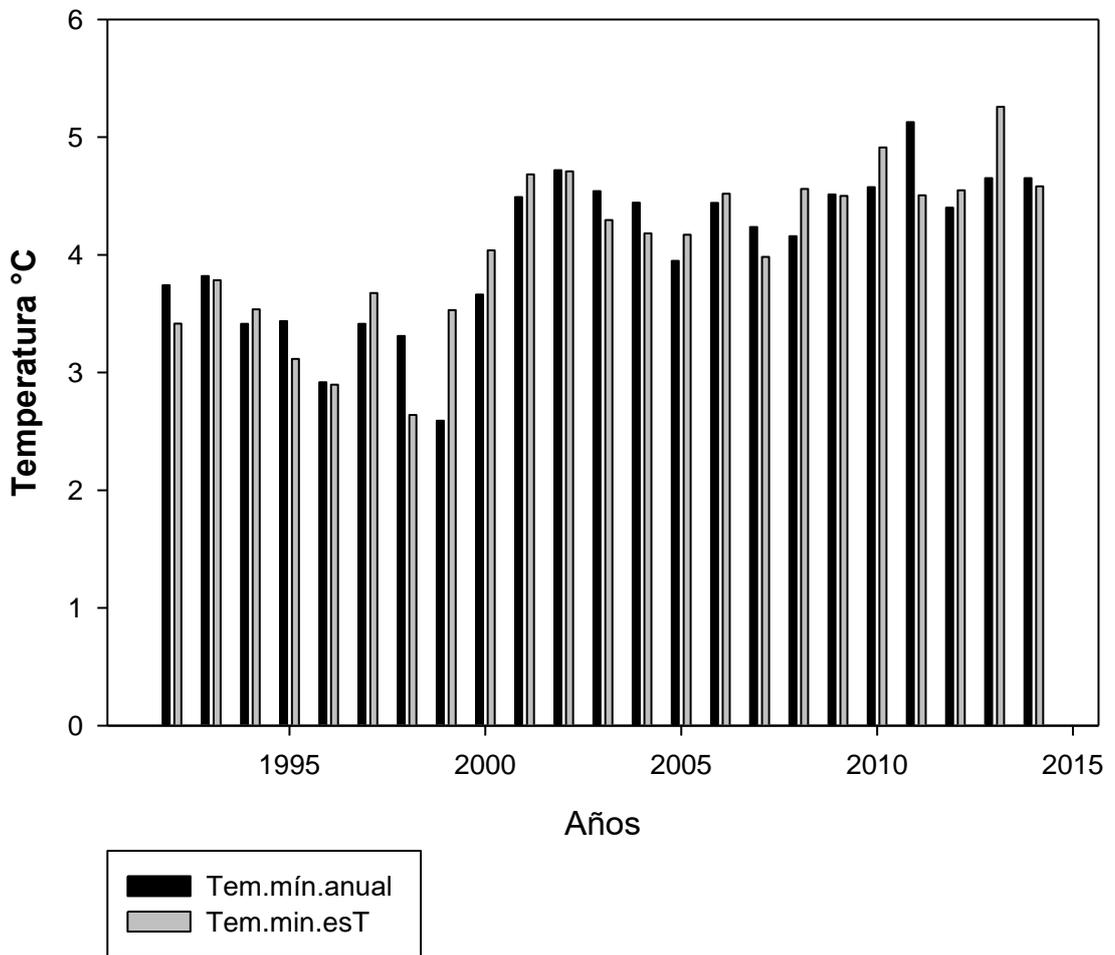


Figura 11: Datos de la temperatura mínima de la estación Jauja

En la figura 11 se plasma los datos de temperatura mínima anual y promedio estacional de la estación Jauja, cuyos datos fueron proporcionados por SENAMHI, se tomó desde el año 1991 hasta el 2014, con esos datos se realizará la correlación con las cronologías de las muestras de Apata.

3.3.2 Muestra

La muestra está compuesta por árboles de la especie *Alnus acuminata*, el árbol fue seleccionado en base a su longevidad y buen estado sanitario que estarán en la cuenca media y alta del Valle del Mantaro.

Se escogieron 5 puntos de recolección

Apata: de las cuales se recolectó 12 muestras en rodajas, se Cofecho en total 3 radios de cada rodaja, que serían 36 muestras de las cuales solo 13 de ellas nos dieron un resultado adecuado.

La recolección se dio en el mes de diciembre del año 2016

San Pedro de Saño

Se recolectaron 36 muestras en el mes de octubre del año 2016 de las cuales se obtuvieron 14 muestras que cofecharon y siguieron con el proceso con el programa ARSTAN

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- Elección de la especie:

Las especies recolectadas son especies nativas del valle del Mantaro por lo cual se escogió aquellas que se encuentran en mayor distribución dentro del valle y que su crecimiento sea natural sin intervención del hombre lo cual permita reflejar la influencia de los factores climáticos por ello se escogió a la especie *Alnus acuminata*, esta especie se encuentra distribuida por los distritos de, Apata, Concepción, San Pedro de Saños, Ingenio

- Recolección de muestras

La selección del sitio fue en función de los objetivos planteados en el estudio, los objetivos planteados son interpretar como influye la variabilidad climática en la especie Aliso por ello se buscó árboles ubicados en laderas (árboles sensibles), con suelo no profundo y pobre, se observó que la disponibilidad de agua para el crecimiento de los árboles dependa solamente del agua de lluvia acumulada y que no tenga aportes en forma de escurrimientos de otros sitios aledaños (27)

Se observó que los árboles que fueron seleccionados no presentaron disturbios (quemados, ataques de plagas y enfermedades, aprovechamiento forestal, daños físicos por corte de ramas, heridas producidas por animales al consumir el tejido vascular entre otros) o que ellos no los hayan afectados significativamente.

Las muestras fueron recolectadas en el mes de mayo hasta diciembre del año 2016, en los distritos de, Apata 11°51'15.36"S - 75°21'12.79"O; San Pedro de Saño 11°57'35.46"S - 75°15'39.73"O.

Se escogieron las muestras de mejor fuste y que cumplan con las condiciones de la dendrocronología para ser una buena muestra para ser estudiada, las muestras deben extraerse de un punto sólido del fuste, con la ayuda de Barreno se extrae la muestra, cuando se obtuvo la muestra del árbol con el barreno se encontraron problemas como de pudrición, el barreno deja de penetrar y empieza solo a girar, en ese momento se debe detener la acción de barrenar el árbol y se procede a la extracción incompleta de la muestra, ya que si se continúa girando la madera en descomposición se va acumulando y compactando en el interior del cilindro del barreno hasta formar un tapón sólido imposible de extraer con la cuchara; en este caso se colocó el barreno por la parte del taladro en el orificio realizado y poco a poco con la cuchara liberar y extraer los trozos de madera muerta que se quedó atascada.

Cuando no se obtuvo este problema lo que pasó en la mayoría de los casos, se extrae una muestra sin problemas de pudriciones, para extraer la muestra se desliza la cuchara de forma que la muestra quede insertada en el canal de la misma y luego se procede a girar el barreno en sentido contrario a las manecillas del reloj; de esta manera se extrajo el barreno por partes, en cada giro que se dio se realizó un jalón lo que facilitó que se extraiga sin mucha resistencia, antes de extraer el barreno por completo del árbol se jaló la cuchara que con los dientes que tiene al final permiten coleccionar la muestra.

Para poder trasladar las muestras y ser protegidas se tienen sorbetes que en cada esquina estará protegidas con masquin para no dejarlas caer, la muestra es deslizada lentamente dentro del sorbete de plástico para que en el momento no se corra el riesgo de perder alguna parte de ella, si la muestra era larga se colocaba dos sorbetes bien asegurados para poder cubrir y protegerlas.

Por cada árbol escogido se recolectaron dos muestras, cada una de las muestras llevo inscrito las iniciales del sitio, y las iniciales del nombre científico de la especie y la numeración y como se sacó dos muestras o en ocasiones más se coloca a la primera muestra la letra a y la segunda b y si eran más muestras se continuaba con el abecedario.

En el caso de las muestras obtenidas de Apata se colectaron secciones transversales (rodajas) de árboles que recién habían sido taladas por los propios dueños y es donde se aprovechó en sacar las muestras, lo cual nos permitió prolongar nuestras cronologías, las muestras se extrajo con motosierras.

- **Montado de muestras**

En el laboratorio de dendrocronología de la Universidad Continental se extrae las muestras de los sorbetes para ser colocadas en regletas o denominadas moldaduras de madera.

El colocar las muestras en la moldura de madera es clave importante porque es el que va a determinar la visibilidad correcta de los anillos de crecimiento en el caso de las muestras extraídas con barreno, la manera correcta de colocarlas es que las células o traqueidas de *Alnus acuminata* estén orientadas de forma perpendicular al incremento anual.

Anteriormente cuando se recolecto las muestras se las codifico, esa misma codificación es la que va en las molduras de madera que nos servirá para poder reconocerlas.

- **Pulido de muestras**

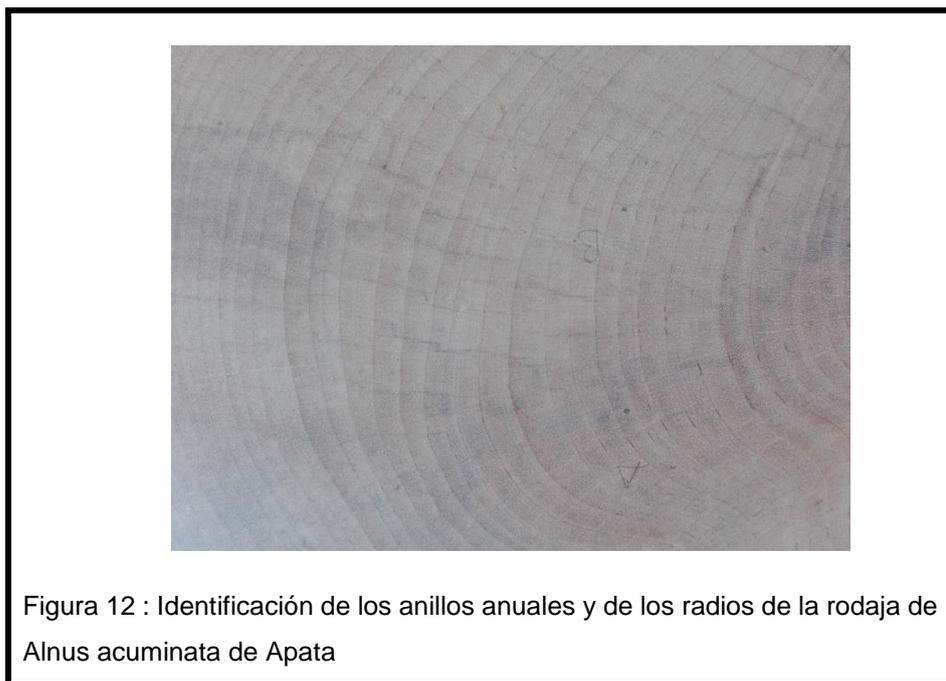
Luego de realizar el montaje de las muestras se encuentran firmes a la moldura se procede a realizar el lijado. El pulido que realizamos fue mecánico con la ayuda de una Lijadora orbital 93 x 185mm marca Makita.

Para el pulido se usó lijas de granos secuenciales del número 80 el más áspero a 1500 que es el más fino. El lijado de las muestras es un paso importante ya que si se realiza un excelente trabajo el fechado se llevará con éxito.

Para las muestras en rodajas se utilizó las lijadoras en banda con las lijas en banda de grano 40 hasta la número 80, y luego se procedió a lijar con la lijadora orbital con las otras lijas de granos secuenciales

Medición y sincronización (co-datación) de los anillos de crecimiento.

En la sección transversal de las muestras de leño fueron demarcadas el límite de los anillos de crecimiento y, enseguida, determinado el ancho mediante la utilización de la mesa Velmex (0,001mm de precisión), se aplicó el programa PJK. Este programa crea un registro de datos con una extensión RAW., que permite el análisis mediante el uso de los programas utilizados en dendrocronología (28). Los valores del ancho en los anillos de crecimiento de cada árbol fueron considerados como una serie cronológica, procediéndose, de esta manera, se realizó el control de la calidad de las mediciones y la verificación de la sincronización (co-datado) mediante el programa COFECHA (28), que analiza estadísticamente la correlación entre las porciones de las series fluctuantes (a datar) y las series individuales o maestras independientemente datadas y verificadas, posibilitando identificar la existencia de falsos anillos de crecimiento para su posterior control.



Fuente. Propia

En la Figura 7 se identificó los anillos anuales de la muestra de rodaja de la especie *Alnus acuminata* del Distrito de Apata, se señaló los radios que se tomaron.

Tabla 2: Programa PJK para la muestra APA03 – Apata , árbol N°3 – Radio A

Muestra	Año	mm									
APA03A	1962	93	109	142	105	175	43	27	80		
APA03A	1980	95	122	184	187	160	88	181	165	139	95
APA03A	1990	170	183	188	264	179	177	119	121	251	240
APA03A	2000	231	120	184	190	189	98	128	129	68	61
APA03A	2010	117	42	35	30	30	-99				

En la tabla 02, muestra los resultados obtenidos con el programa PJK para luego ser procesada por el programa Cofecha, los resultados mostrados son de la muestra número

03 A, eso indica que fue el tercer árbol en ser recolectado, APA, AP por el lugar de extracción, Apata y A por *Alnus acuminata*, y 03 a porque se trabajó con el radio A

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- Motosierra
- Barrenos
- GPS
- Cuaderno de datos
- Cámara fotográfica.
- Lijas
- Pulidor
- Medidora velmex
- Estereomicroscopio
- COFECHA (programa)
- ARSTAN (programa)
- Sorbetes
- Cinta masking tape
- Cola sintética
- Regletas de madera
- Cuaderno de apuntes
- Hoja milimetrada
- Computadora
- Programa Sigma Plot 10.0

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

De las muestras conseguidas en el bosque de San Pedro de Saño se pudo cosechar 33.3 %, teniendo así una cronología de ancho de anillos de *Alnus acuminata* que va desde el año 1992 al 2014 es decir una extensión de 22 años. La cronología de *Alnus acuminata* de San Pedro de Saño está compuesta por 13 series de anchos de anillo que se extrajeron de 36 árboles. Con barrenos forestales. Las sucesiones de cronologías inician desde el año 1966 por lo cual cuentan con 48 años.

De las muestras de Apatá se logró procesar 38.8% que va desde el año 1991 al 2014, es decir una extensión de 23 años. Teniendo una cronología de ancho de anillos que va desde el año 1991 al 2014 con una extensión de 23 años. La cronología de *Alnus acuminata* de Apatá está compuesta por 14 series de anchos de anillo que se extrajeron de 13 árboles en rodajas. Las sucesiones de cronologías inician desde el año 1935 lo cual cuentan con 79 años.

4.1.1 Relación entre la variación interanual de la precipitación y el ancho de los anillos de crecimiento de la especie *Alnus acuminata*.

Muestras de Apata y San Pedro de Saño con la Variable Precipitación mensual

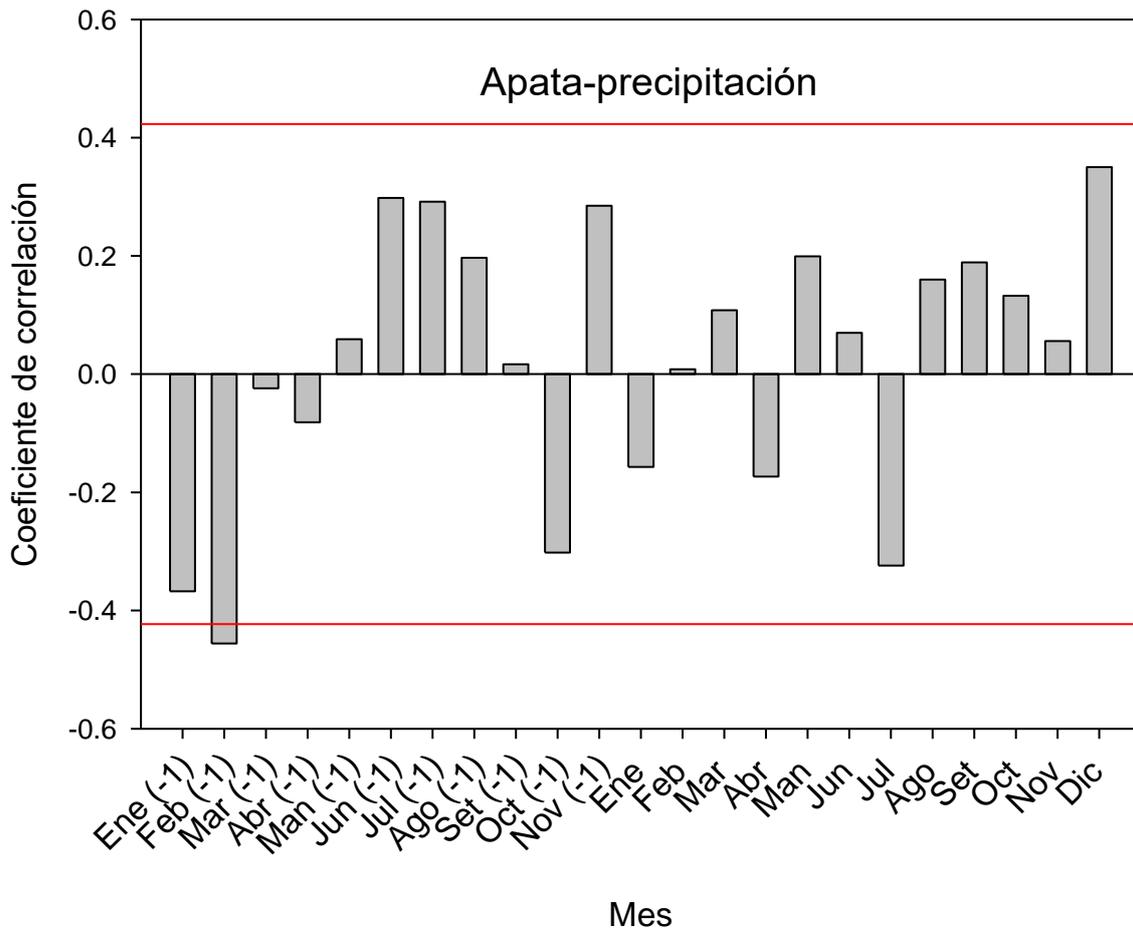


Figura 13: Cronologías de las Muestras de Apata con la Variable precipitación

Función de respuesta de la cronología de *Alnus acuminata* a la variable climática sobre la base de correlaciones entre el ancho de los anillos de crecimiento y las variaciones mensuales en la precipitación en Apata para el período 1991-2014. Las líneas rojas representan los límites de significancia del 95% de los coeficientes de correlación.

Se observa que el mes de febrero del año previo (feb -1) muestra un nivel significativo de crecimiento negativo en el desarrollo de los anillos anuales de la especie *Alnus acuminata*.

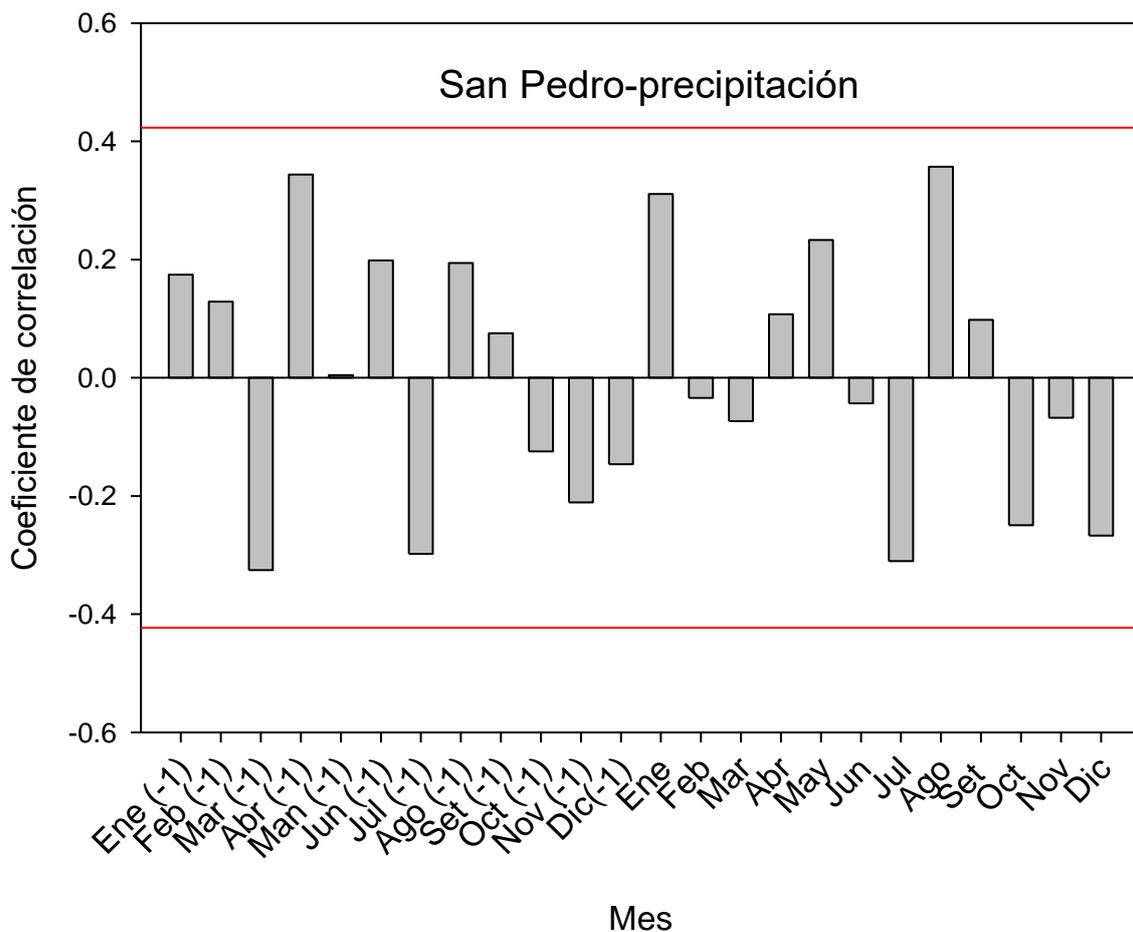


Figura 14: Cronologías de las Muestras de San Pedro de Saño con la Variable precipitación anual.

Función de respuesta de la cronología de *Alnus acuminata* a la variable climática sobre la base de correlaciones entre el ancho de los anillos de crecimiento y las variaciones mensuales en la precipitación en San Pedro de Saño para el período 1992-2014. Las líneas rojas representan los límites de significancia del 95% de los coeficientes de correlación.

Se observa las influencias positiva y negativa de la precipitación mensual sobre los anillos de crecimiento de la especie *Alnus acuminata*.

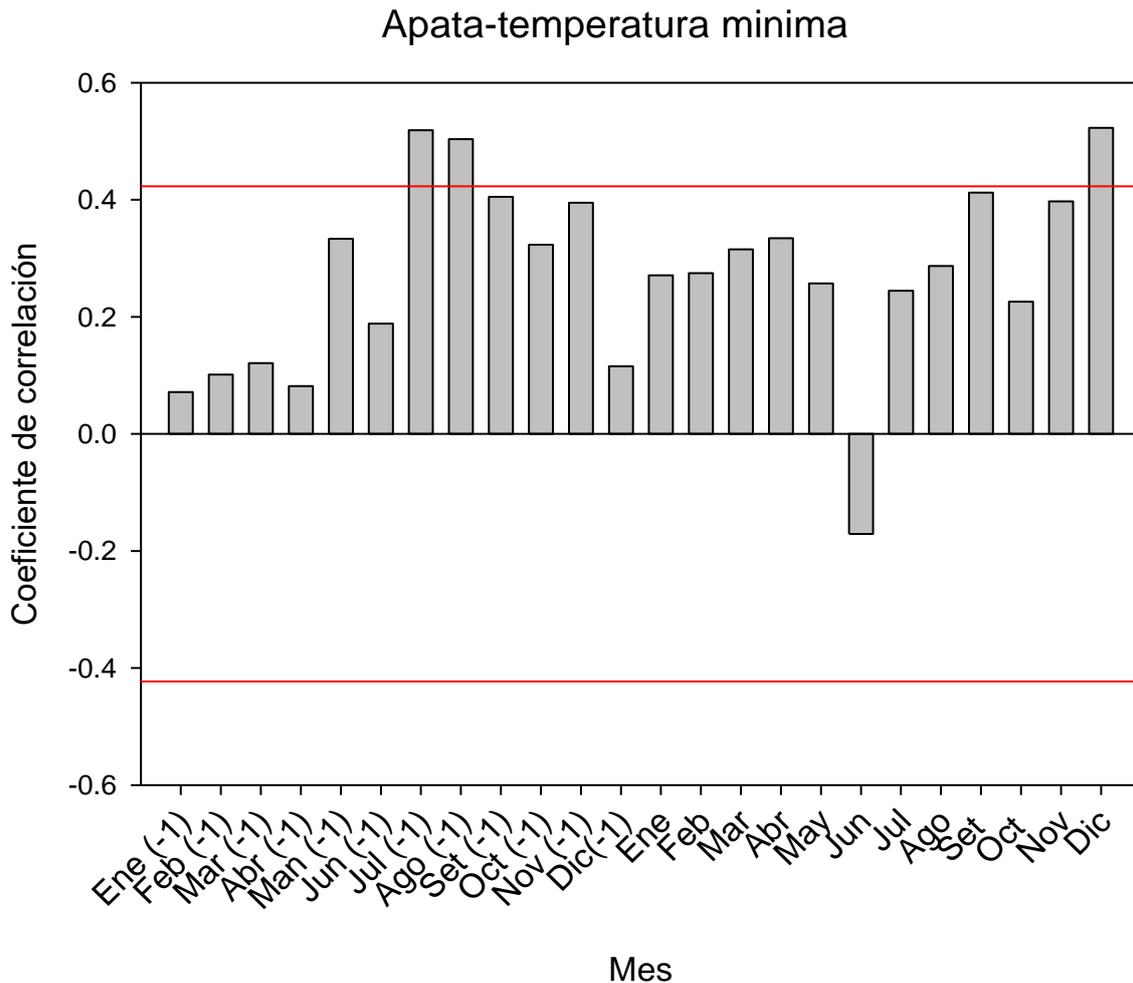


Figura 15: Cronologías de las Muestras de Apata con la temperatura mínima anual.

Función de respuesta de la cronología de *Alnus acuminata* a la variable climática sobre la base de correlaciones entre el ancho de los anillos de crecimiento y las variaciones mensuales en la temperatura mínima en Apata para el período 1991-2014. Las líneas rojas representan los límites de significancia del 95% de los coeficientes de correlación.

Se observa la influencia de la temperatura mínima sobre los anillos de crecimiento, de la especie de *Alnus acuminata* de Apata, los meses de agosto, setiembre del año previo presenta una influencia positiva significativa en el desarrollo de los anillos anual y el mes diciembre de la misma forma presenta la influencia positiva.

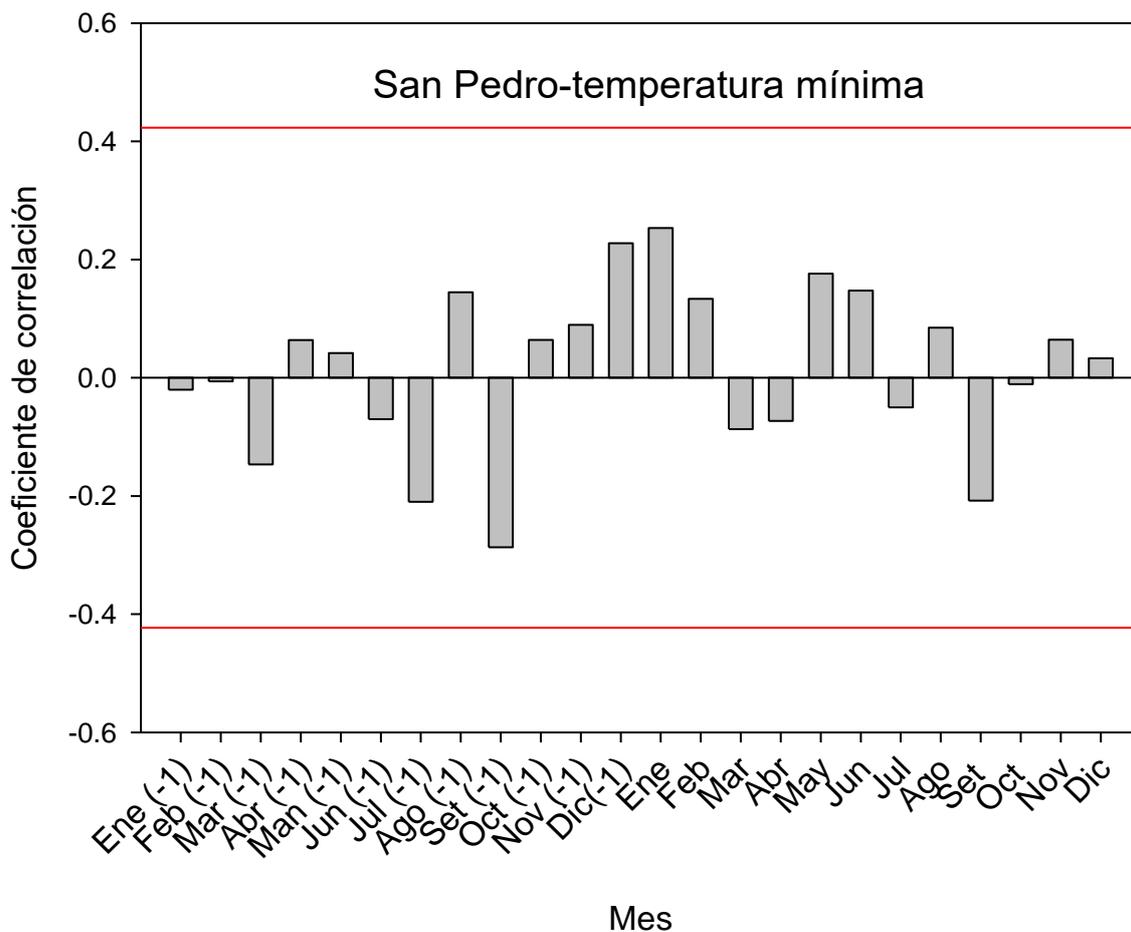


Figura 16: Cronologías de las Muestras de San Pedro de Saño con la Variable temperatura mínima anual.

Función de respuesta de la cronología de *Alnus acuminata* a la variable climática sobre la base de correlaciones entre el ancho de los anillos de crecimiento y las variaciones mensuales en la temperatura mínima en San Pedro de Saño para el período 1992-2014. Las líneas rojas representan los límites de significancia del 95% de los coeficientes de correlación.

Se observa la influencia de la temperatura mínima mensual respecto al desarrollo de los anillos de crecimiento.

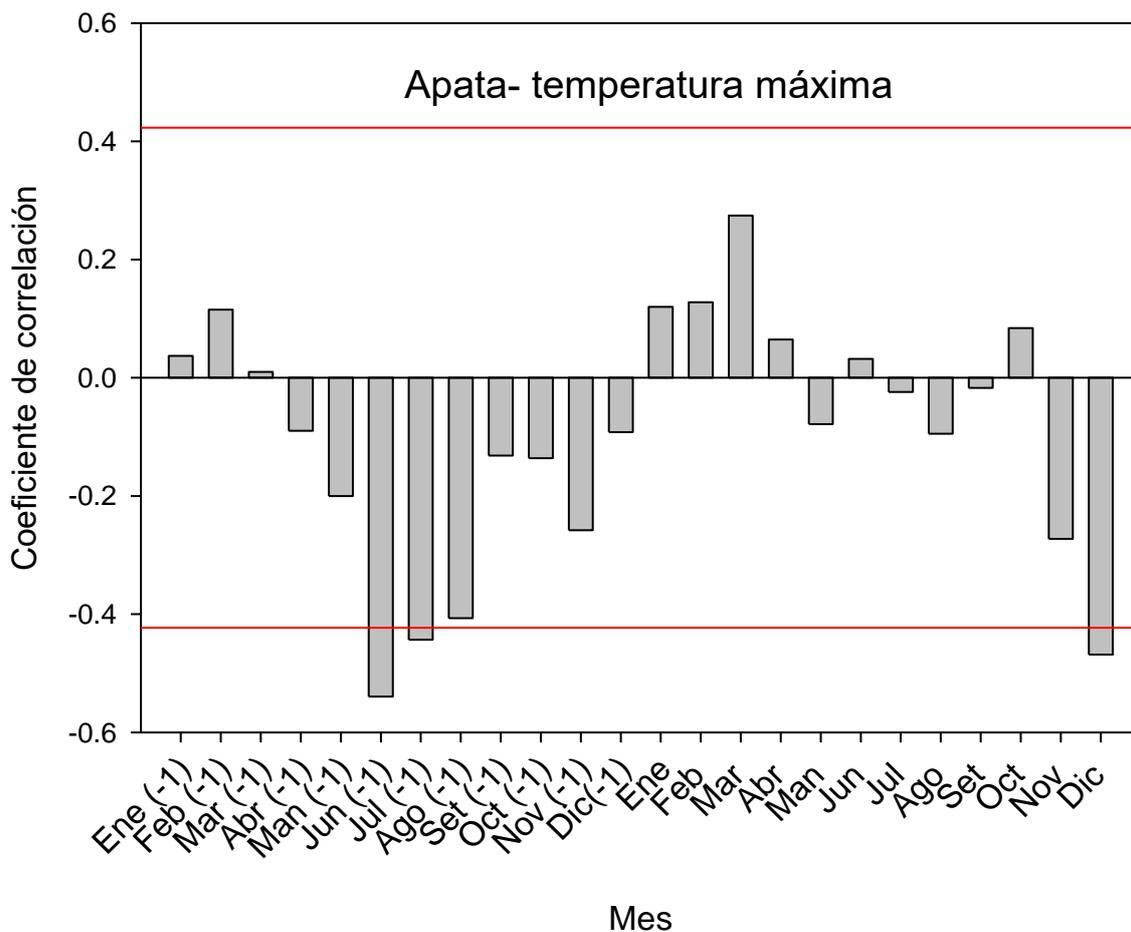


Figura 17: Cronologías de las Muestras de Apata con la Variable temperatura máxima anual.

Función de respuesta de la cronología de *Alnus acuminata* a la variable climática sobre la base de correlaciones entre el ancho de los anillos de crecimiento y las variaciones mensuales en la temperatura máxima en Apata para el período 1991-2014. Las líneas rojas representan los límites de significancia del 95% de los coeficientes de correlación.

Se observa la influencia de la temperatura máxima anual frente al desarrollo de los anillos de crecimiento, los meses de junio y julio del año previo tienen una influencia negativa al igual que el mes de diciembre.

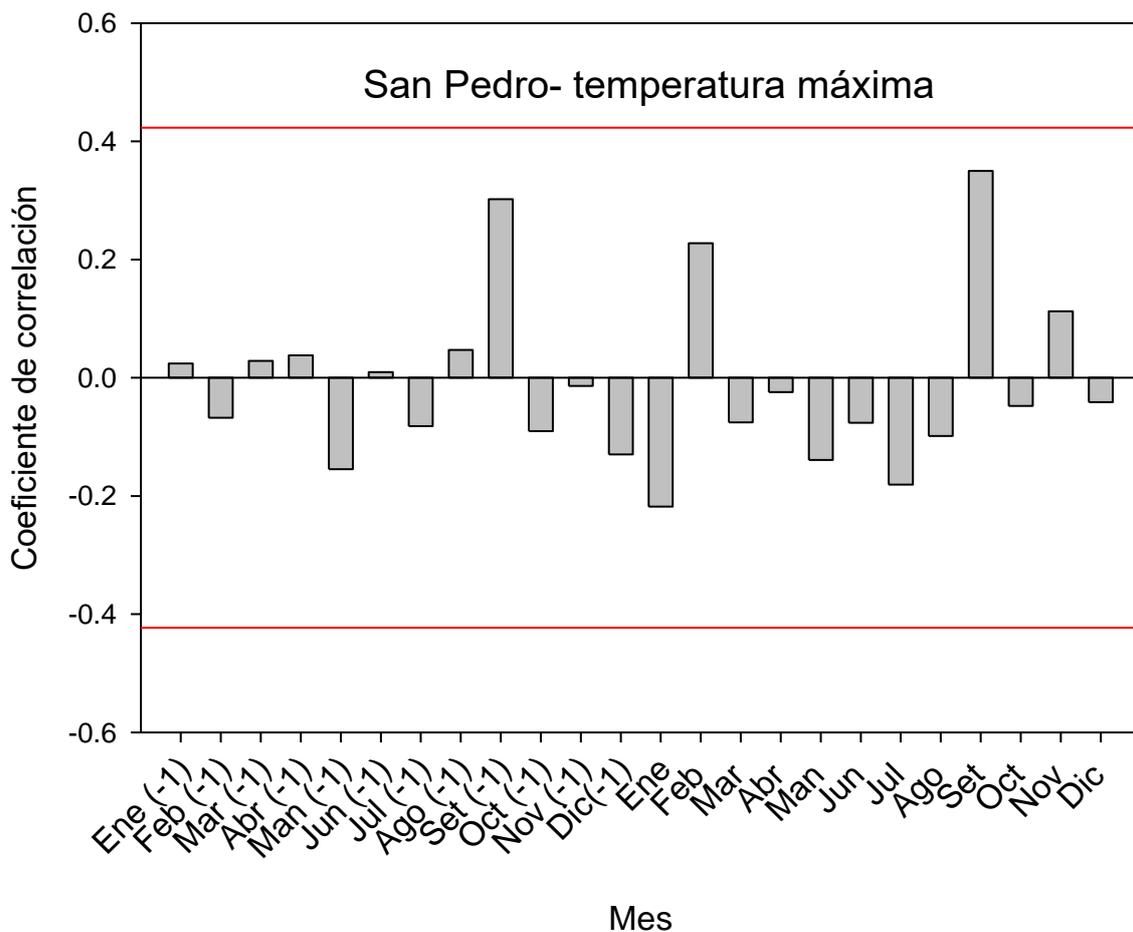


Figura 18: Cronologías de las Muestras de San Pedro de Saño con la Variable temperatura máxima anual

Función de respuesta de la cronología de *Alnus acuminata* a la variable climática sobre la base de correlaciones entre el ancho de los anillos de crecimiento y las variaciones mensuales en la temperatura máxima en San Pedro de Saño para el período 1992-2014. Las líneas rojas representan los límites de significancia del 95% de los coeficientes de correlación.

Se observa la influencia positiva y negativa de la temperatura máxima anual frente a los anillos de crecimiento de la especie *Alnus acuminata*.

4.1.2 Determinar las relaciones del crecimiento radial de las especies arbóreas con la estacionalidad climática del Valle del Mantaro.

Muestras de Apata

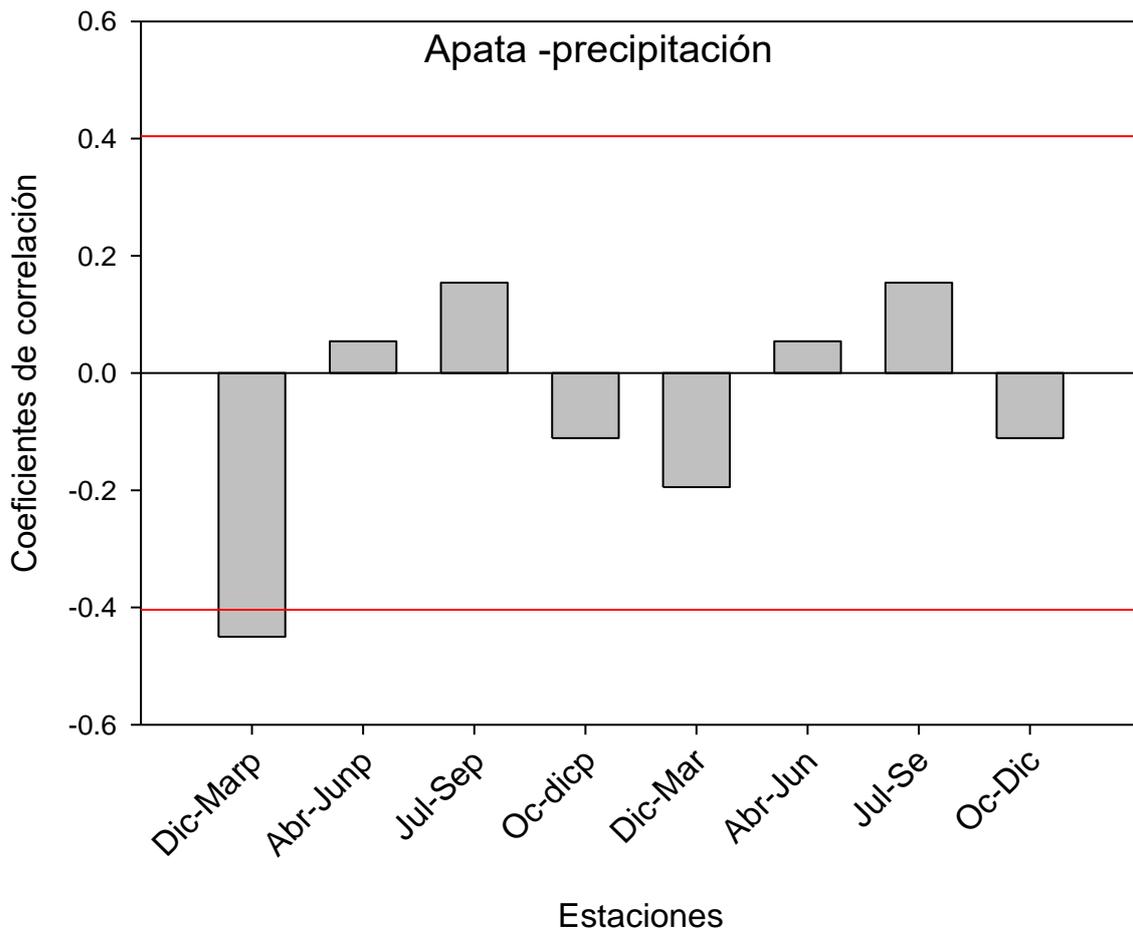


Figura 19: Cronologías de las Muestras de Apata con la Variable precipitación estacional.

Función de respuesta de la cronología de *Alnus acuminata* a la variable climática sobre la base de correlaciones entre el ancho de los anillos de crecimiento y las variaciones estacionales en la precipitación en Apata para el período 1991-2014. Las líneas rojas representan los límites de significancia del 95% de los coeficientes de correlación.

Se observa que la estación Verano (Dic-Marp) que presenta una influencia negativa significativas en el desarrollo de los anillos de crecimiento de la especie *Alnus acuminata*.

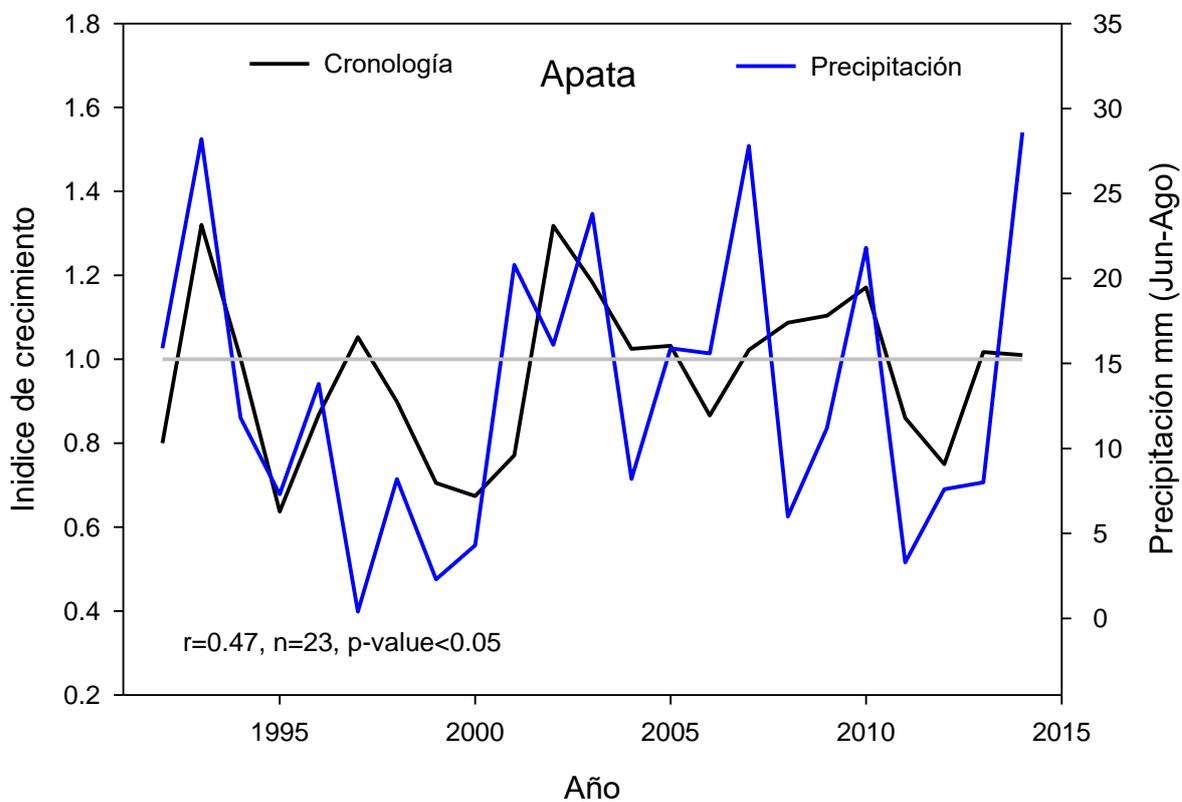


Figura 20: Variaciones en el espesor de los anillos de crecimiento de *Alnus acuminata* en Apata y fluctuaciones estacionales (junio. Agosto) de la precipitación.

*r = representa la relación de Pearson para la variable precipitación estacional.

n= número datos

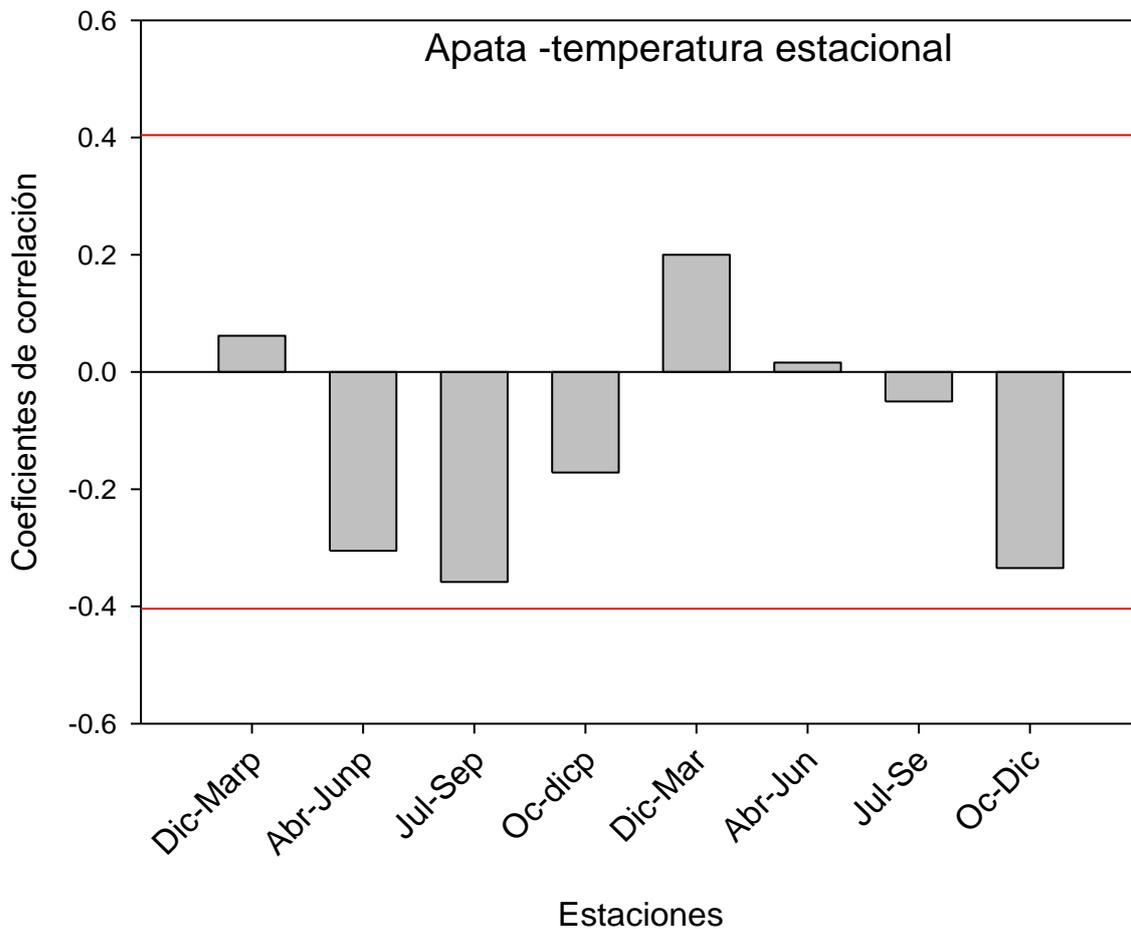


Figura 21: Cronologías de las Muestras de Apata con la Variable precipitación

Función de respuesta de la cronología de *Alnus acuminata* a la variable climática en relación a la base de correlaciones del ancho de los anillos de crecimiento y las variaciones estacionales en la temperatura estacional en Apata para los años comprendidos de 1991-2014. Las líneas rojas representan los límites de significancia del 95% de los coeficientes de correlación.

Se observa la influencia de la temperatura estacional, las estaciones de otoño, invierno, y primavera del año previo tienen influencia negativa en el desarrollo de los anillos de crecimiento.

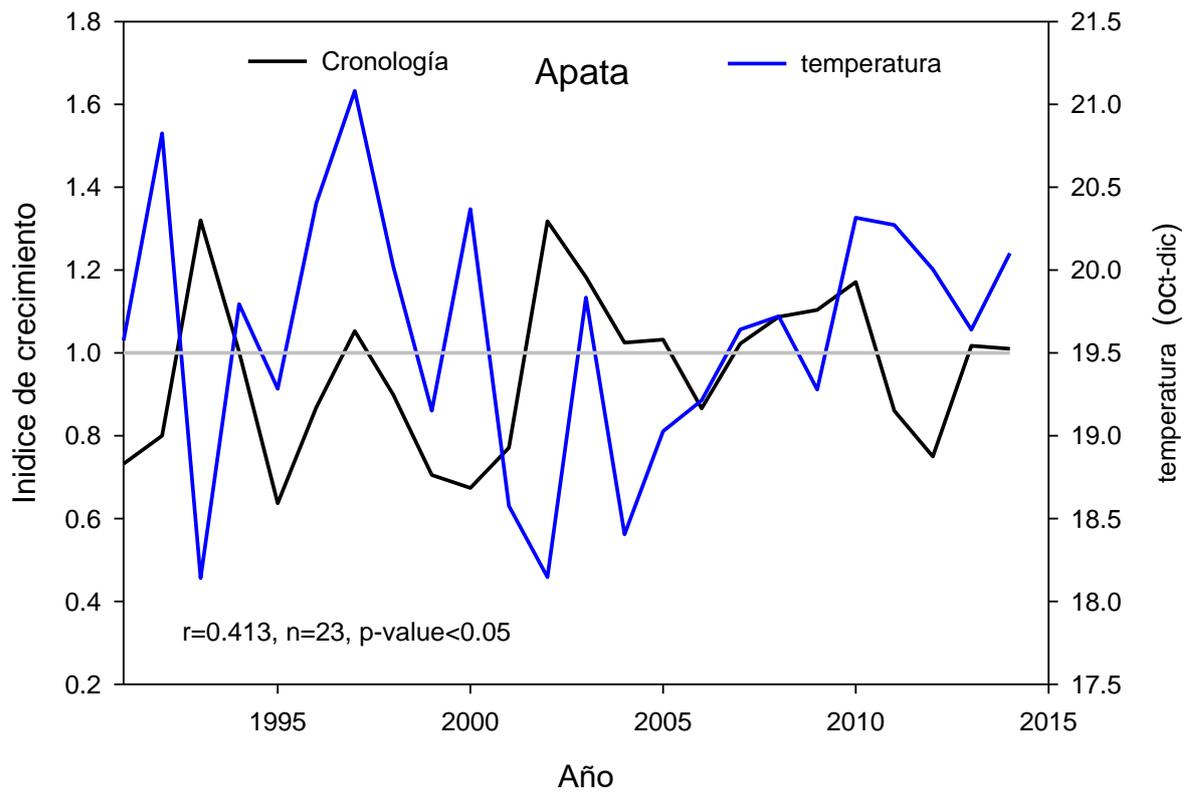


Figura 22: Diferenciaciones en el grosor de los anillos de crecimiento de *Alnus acuminata* en Apatá y variaciones estacionales (octubre - diciembre) de la temperatura.

*r = representa la relación de Pearson para la variable temperatura estacional

n= número datos

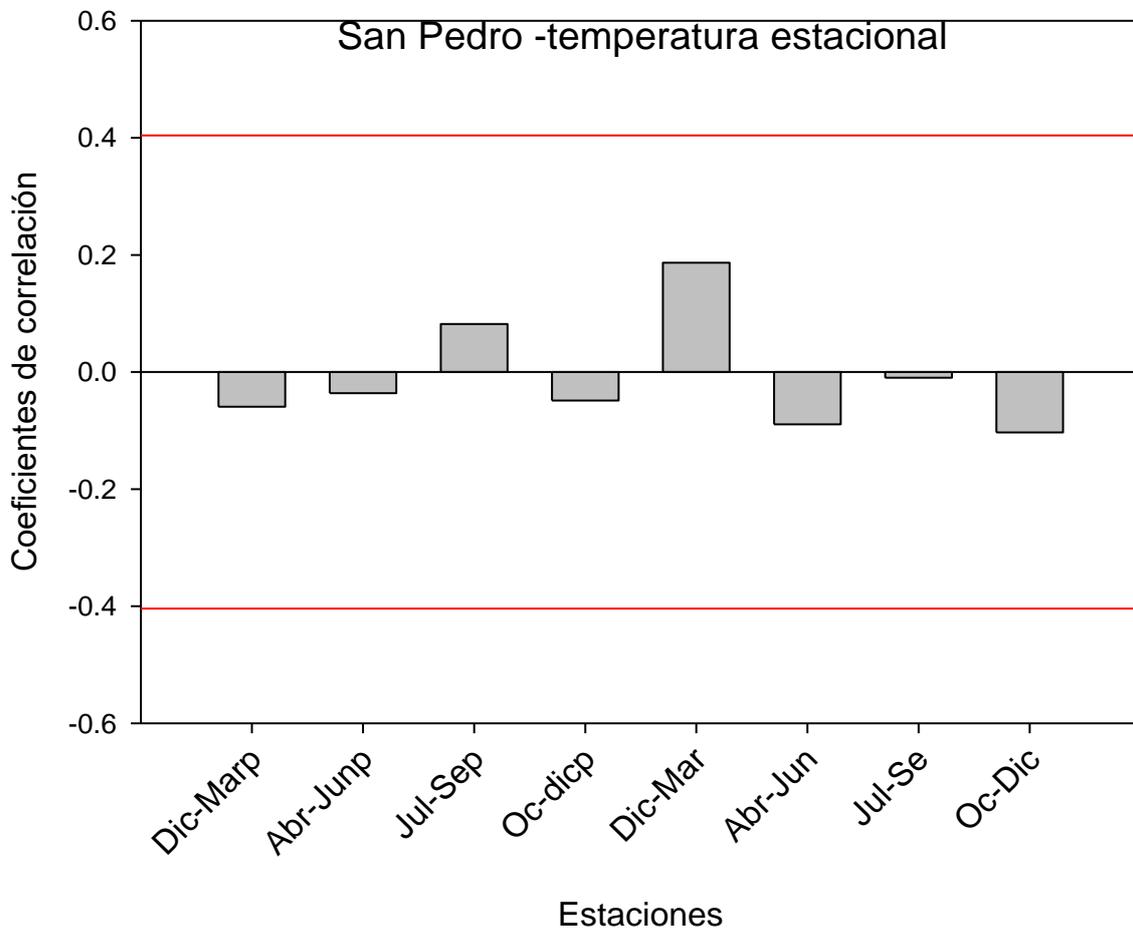


Figura 23: Cronologías de las Muestras de Apata con la Variable precipitación

Respuesta de la cronología de *Alnus acuminata* a la variable climática sobre la base de correlaciones del ancho de los anillos anuales y las variaciones estacionales en la temperatura estacional en San Pedro de Saño para el período 1992-2014. Las rayas rojas significan los límites de significancia del 95% de los coeficientes de correlación.

Se observa la influencia de la temperatura estacional frente al desarrollo de los anillos de crecimiento de la especie *Alnus acuminata*.

n= número datos

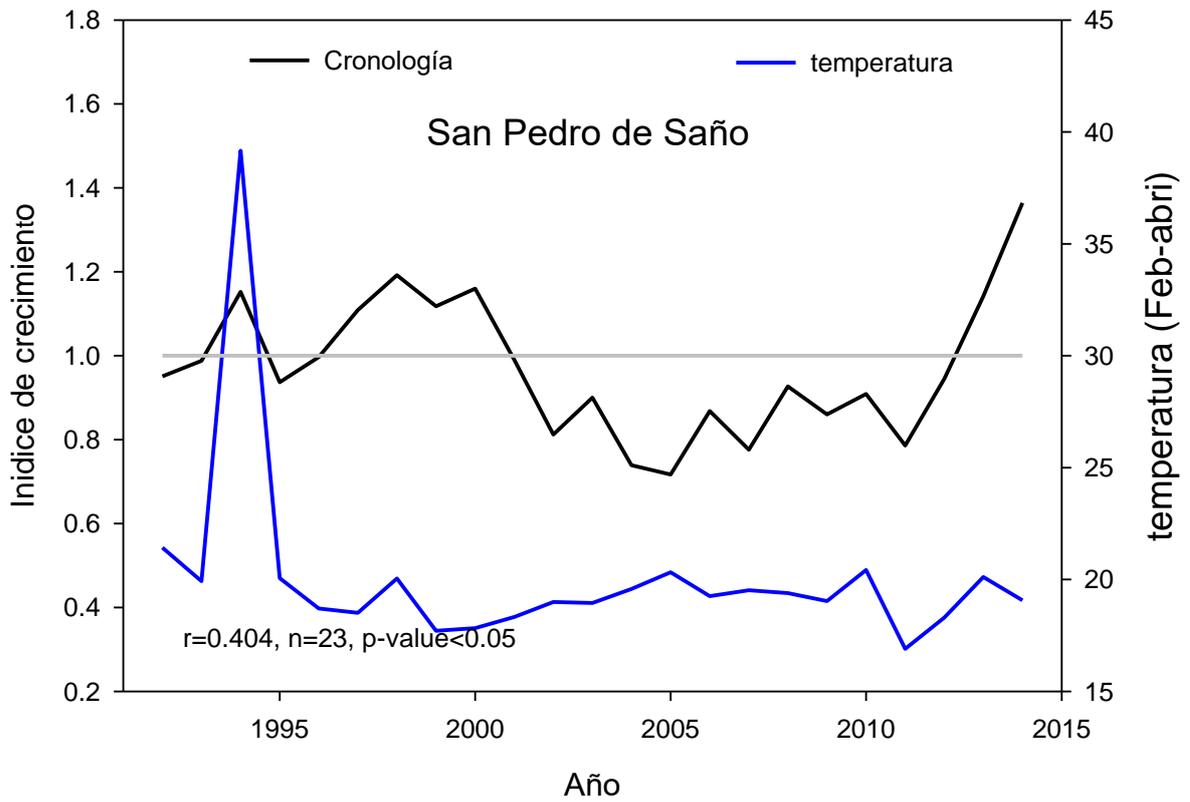


Figura 24: Variaciones en la dimensión de los anillos de crecimiento de *Alnus acuminata* en San Pedro de Saño y fluctuaciones estacionales (febrero- abril) de la temperatura.

*r = representa la relación de Pearson para la variable temperatura estacional

n= número datos

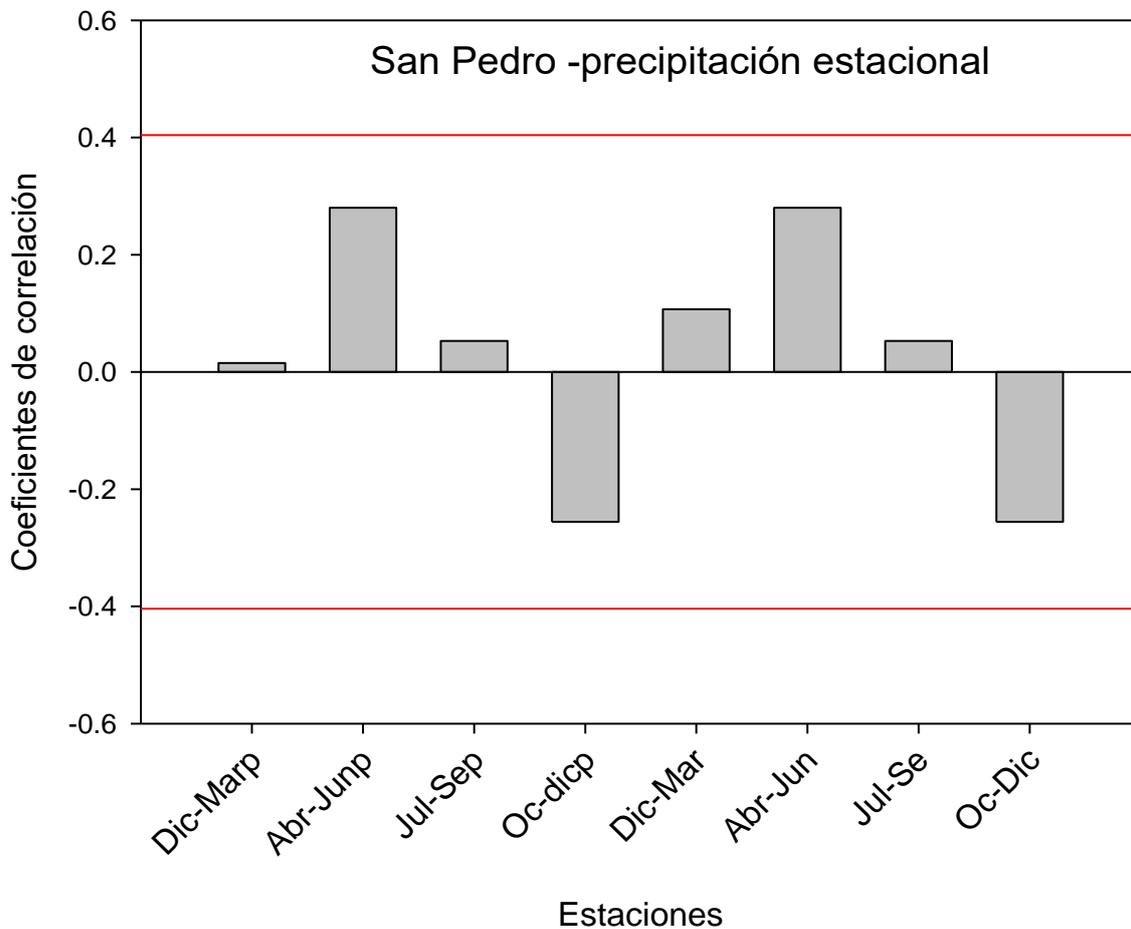


Figura 25: Cronologías de las Muestras de Apata con la Variable precipitación estacional.

Respuesta de la serie de *Alnus acuminata* a la variable climática de la base de correlaciones del ancho de los anillos de crecimiento y las variaciones estacionales en la precipitación estacional en San Pedro de Saño para el período 1992-2014. Las líneas de color rojo representan los límites de significancia del 95% de los coeficientes de correlación.

Se puede observar la influencia de la precipitación estacional en el crecimiento de los anillos de crecimiento de la especie *Alnus Acuminata*, la estación de primavera del año previo año de crecimiento, tienen influencia negativa.

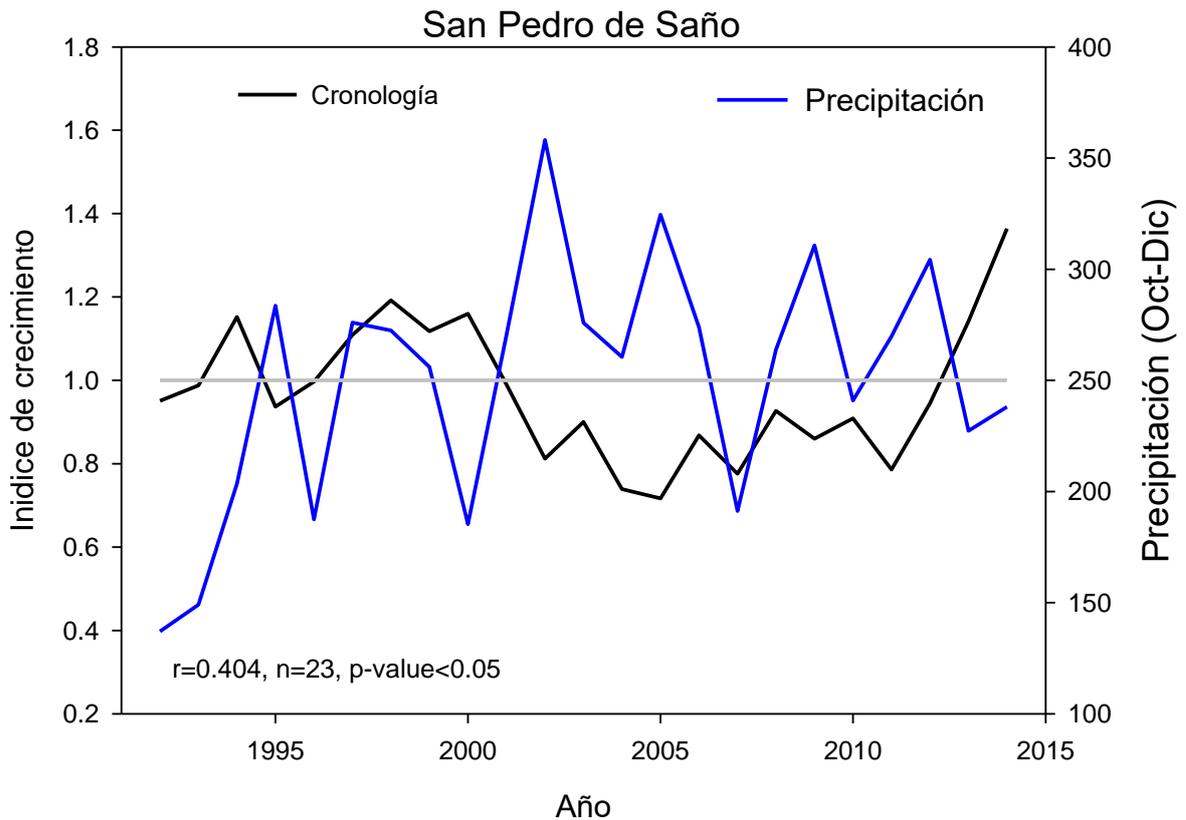


Figura 26: Variaciones en el espesor de los anillos de crecimiento de *Alnus acuminata* en San Pedro de Saño y fluctuaciones estacionales (octubre - diciembre) de la Precipitación.

*r = representa la relación de Pearson para la variable precipitación estacional

n= número datos

4.2 Discusión de resultados

En el desarrollo del estudio de las cronologías de los anillos de las muestras de *Alnus acuminata* de Apata y San Pedro de Saño se trabajó con el 47% de muestras, las demás muestras fueron descartadas porque presentaban anillos falsos, anillos que no se diferenciaban con facilidad al igual que la investigación de la Dendrocronología de *Alnus acuminata* en el bosque reservado de San Pedro de Saño, Huancayo (20), que trabajaron con el 49 % de los arboles muestreados por presentar anomalías en su crecimiento.

Al poder determinar la correlación existente con las variables climáticas y el crecimiento de los anillos anuales de la especie *Alnus acuminata* se determina que especie presenta potencial dendrocronológico al igual que la investigación Dendrocronología de *Alnus acuminata* en el bosque reservado de San Pedro de Saño, Huancayo expone que la cronología desarrollada señala el potencial de esta especie para ser estudiada con fines dendroclimáticos ya que presentan anillos diferenciados y están tienen influencia de variables climáticas de temperatura mínima y precipitación.

La investigación demuestra que los anillos de crecimiento de la especie *Alnus acuminata* está influenciada por la estación de otoño e invierno donde la temperatura estacional donde la data indica que para esas estaciones la temperatura es baja, a diferencia de la especie *Prosopis ferox* en la investigación Potencialidad de *Prosopis ferox* Griseb (Leguminosae, subfamilia: Mimosoideae) para estudios dendrocronológicos en desiertos subtropicales de alta montaña demostró que está altamente controlado por las variaciones climáticas de verano donde las temperaturas son bajas, por lo cual ambas especies las bajas influencia en el crecimiento de ambas especies (6)

En la investigación indica que *Alnus acuminata* responde a temperatura máxima de forma negativa en la investigación de *Polylepis tarapacana*, indica que se han observado relaciones positivas entre ambas variables (temperatura y precipitación). La disponibilidad hídrica estaría jugando un mayor rol sobre el crecimiento de *Polylepis rugulosa*, estos resultados representan la primera información acerca de las tasas de crecimiento, longevidad, y relaciones del el clima y el desarrollo de *Polylepis rugulosa* contribuyendo de esta forma con información clave para futuros planes de conservación. (15)

CONCLUSIONES

- La variable climática temperatura estacional frente a las muestras de Apata de *Alnus acuminata* presenta una influencia negativa en otoño(marzo-junio)del año corriente e invierno (junio-setiembre) del año previo, es donde el árbol entra en dormancia, al igual que las muestras de San Pedro de Saño que en las mismas estaciones presenta la misma influencia, por lo que se determina que la temperatura estacional influye de manera negativa en la estación de otoño e invierno en el desarrollo de los anillos de crecimiento de la especie *Alnus acuminata*.
- La variable climática precipitación estacional en las muestras de Apata y San Pedro de Saño, en primavera(setiembre-diciembre) presentan una influencia negativa, en los meses de setiembre y octubre la precipitación es aún baja y la variable temperatura es alta, lo cual demuestra que la temperatura es quien influencia negativamente en el crecimiento de los anillos anuales de la especie *Alnus acuminata*.
- La estación primavera con la precipitación en ambos lugares de extracción influye negativamente.
- Las muestras extraídas y procesadas de San Pedro de Saño, muestran una relación negativa con la precipitación mensual en los meses de octubre, noviembre y diciembre del año previo y el año corriente.
- Las muestras de Apata son más longevas con cronologías de 79 años a comparación de San Pedro de Saño que tiene una cronología de 48 años.
- La especie *Alnus acuminata* presenta anillos de crecimiento visible en respuesta a la estacionalidad climática, temperatura y precipitación, por lo cual se pueden identificar sus anillos de crecimiento y comprobar su potencial dendrocronológico.
- La temperatura máxima mensual en correlación con las muestras de San Pedro de Saño en los meses de febrero y marzo muestra una relación negativa no significativa, mientras que en las muestras de Apata con esta variable muestran una relación negativa significativa para los meses de junio a agosto del año previo y de abril a diciembre del año previo, por lo cual en estos meses los anillos de crecimiento entran en dormancia.
- Las muestras que no pasaron el proceso de cofechado, fueron descartadas por el Programa COFECHA por no pasar por su control al hallarse anillos falsos,

- La temperatura mínima mensual para las muestras de los dos sitios de estudio no presenta una influencia significativa en el desarrollo de los anillos de crecimiento de la especie *Alnus acuminata*.

RECOMENDACIONES

- Los árboles muy jóvenes pueden ser especialmente difíciles de utilizar para la datación, puesto que no contienen gran información sobre las variables climáticas, es por ello que se debe de escoger los arboles longevos.
- El campo de extensión visual de las muestras extraídas con el barreno de incremento es de 5 mm de diámetro lo cual es un campo reducido de visión por lo cual no se pudieron delimitar con claridad los anillos de crecimiento. Por lo cual se sugiere para futuros estudios, utilizar secciones transversales de árboles
- Las mejores muestras son las secciones transversales al tronco. En ellas se puede identificar fácilmente el crecimiento radial y las posibles anomalías en el desarrollo. Sin embargo, no es deseable, ni en la gran mayoría de los casos tampoco necesario, acabar con la vida del árbol para estudiar su crecimiento. Por ello las muestras se toman generalmente en forma de testigo (de 5 milímetros de diámetro) mediante perforación manual con una barrena de Pressler.
- Las estaciones climáticas no contienen gran data, ya que la muestra más longeva es de 79 años de Apata sin embargo esta muestra no fue comparada con los datos de la estación ya que esa solo tiene información desde el año 1991, por lo cual se debe de trabajar en una zona donde la estación que ayudara hacer las cronologías contenga mayor data o ubicarnos en una zona de estudio donde alrededor existan estaciones climáticas con mayor información climática para ser promediadas y obtener los datos.
- Observar bien el estado fitosanitario de los árboles de estudio para no tener complicaciones en la extracción de muestras, evitar que sean arboles podridos interiormente para que no se quede atascado nuestro barreno.
- Obtener la mayor cantidad de muestras de un mismo árbol, lo recomendable es mínimo 3 a 4, para que en el momento de ser procesadas no se descarten todas las muestras de estudio.
- Para saber con exactitud el inicio del año de crecimiento de nuestra muestra extraída es mejor obtenerlas con el radio de crecimiento, que es la parte central que contiene el año 0 del árbol.
- El trabajo desarrollado en laboratorio es importante, por ello realizar el buen montado de las muestras y lijar correctamente es clave fundamental para que los anillos de crecimiento se observen con claridad en el estereomicroscopio y no tener problemas con los anillos falsos y así realizar el correcto cofechado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) **ARGOLLO, Jaime; SOLIZ, Claudia; VILLALBA, Ricardo.** Potencialidad dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los Andes Centrales de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 2004, vol. 39, no 1, p. 5-24.
- (2) **ARREOLA-ORTIZ, María Rafaela; GONZÁLEZ-ELIZONDO, Martha; NÁVAR-CHÁIDEZ, José de Jesús.** Dendrocronología de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco de la Sierra Madre Oriental en Nuevo León, México. *Madera y bosques*, 2010, vol. 16, no 1, p. 71-84.
- (3) **CHICAIZA, Nacimba; ALEXANDRA, Mayra.** Crecimiento y dendrocronología de *Cedrela Odorata* en un bosque de la Amazonía ecuatoriana. 2015. Tesis de Licenciatura. PUCE.
- (4) **CONSTANTE GARCÍA, Vicenta, et al.** Dendrocronología de *Pinus cembroides* Zucc. y reconstrucción de precipitación estacional para el Sureste de Coahuila. *Ciencia forestal en México*, 2009, vol. 34, no 106, p. 17-39.
- (5) **FORESTAL, Ingeniero.** Desarrollo de una cronología de anchos de anillos para *Alerce* (*Fitzroya cupressoides*) y reconstrucción de la historia de incendios en el área de Abtao, Parque Nacional Chiloé, X Región. 2002.
- (6) **GÉNOVA, M.; MARTÍNEZ, D.** La dendrocronología como fuente de información de la dinámica forestal de *Pinus nigra* en Checa (Guadalajara). En *Congresos Forestales*. 2001.
- (7) **GIMENEZ, Ana María, y otros.** Anatomía de la Madera. Santiago: s.n., 2005.
- (8) **GUTIERREZ MERINO, Emilia.** La Dendrocronología: Métodos y aplicaciones. Barcelona: s.n., 2008.
- (9) **HINOJOSA, Adauto; PATRICIA, Rosario.** Recursos patrimoniales culturales y naturales del distrito de Apata-Provincia de Jauja-Región Junín. 2015.
- (10) **HOLMES, Richard L.; ADAMS, Rex K.; FRITTS, Harold C.** Tree-ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin with procedures used in the chronology development work including users manuals for computer programs COFECHA and ARSTAN. 1986.
- (11) **HUTTON, James.** Theory of the earth: Giuseppe Castrovilli, 1785.
- (12) **INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ.** Diagnóstico de la cuenca y vulnerabilidad presente y futura frente al cambio climático. Perú: s.n., 2005.
- (13) **JUBELLS, Gustavo Santana; FUSTER, Marina Génova; RODRÍGUEZ, Ernesto Martín.** Presente y expectativas de futuro de la dendrocronología en Canarias. En III

- Coloquio de Historia Canario-americana; VIII Congreso Internacional de Historia de America (AEA) (1998). Cabildo de Gran Canaria, 2000. p. 1729-1734.
- (14) **MANTARO, CITY. Mantaro City.** [En línea] diciembre de 2008. [Citado el: 13 de abril de 2016.] <http://mantarocity.blogspot.pe/2008/12/flora.html>.
- (15) **Multilingual glossary of dendrochronology:** terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Paul Haupt Publishers, 1995.
- (16) **OLVERA, Pérez, et al.** Anatomía de la madera de cinco especies de la familia Rosaceae. Madera y bosques, 2008, vol. 14, no 1, p. 81-105.
- (17) **PARDEY, Alex Enrique Bustillo, et al.** EDICIÓN DE TEXTOS. 2008.
- (18) **PRETELL CHICLOTE, José, et al.** Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana. 1985.
- (19) **REPOR, PERÚ INCEPTION.** <http://siteresources.worldbank.org/>. [En línea] 2009.
- (20) **RIVERA, Mario A.; MOYA, Jorge; SHEA, Daniel E.** Dendrocronología en la Pampa del Tamarugal, Desierto de Atacama, Norte de Chile. Diálogo Andino-Revista de Historia, Geografía y Cultura Andina, 2010, no 36.
- (21) **RODRIGUEZ, Rodolfo.** Curso de Dendrocronología. Piura: s.n., 2008.
- (22) **ROIG, F., et al.** Estudios dendrocronológicos en los ambientes húmedos de la puna boliviana. Rev. Bol. Ecol. y Cons. Amb, 2001, vol. 9, p. 3-13.
- (23) **ROIG, Fidel A., et al.** Dendrocronología y dendroecología tropical: Marco histórico y experiencias exitosas en los países de América Latina. Ecología en Bolivia, 2009, vol. 44, no 2, p. 73-82.
- (24) **ROJAS, Edilson Requena.** Dendrocronología de *Alnus acuminata* en el bosque reservado de San Pedro de Saño, Huancayo. Apuntes de Ciencia & Sociedad, 2015, vol. 5, no 2, p. 249-256.
- (25) **Silva Osses, Viviana Andrea.** Estudio dendrocronológico de una población de *Polylepis rugulosa* en los Andes semiáridos de Arica y Parinacota. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile. Chile: s.n., 2012. tesis. 1.
- (26) **STOKES, Marvin A.** An introduction to tree-ring dating. University of Arizona Press, 1996.
- (27) **VILLAVERDE CALDERÓN, María, et al.** Eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) en el valle del Mantaro: volumen 1. 2012.
- (28) **ZUMAETA, Ingº Luis Enrique Campos.** Dendrocronología en árboles de Tornillo, *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Fabaceae), del Centro de Investigaciones Jenaro

Herrera en el noreste de la Amazonia, Región Loreto–Perú. Maestro en ciencias. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria la Molina, 2009.

(29) ZUÑIGA CARRILLO, Claudia Chela. Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de *Tectona grandis* Lf procedente del Fundo Génova-Junín. 2012

ANEXOS

ANEXO Nro. 1

Matriz de consistencia (ISO 690)

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General:</p> <p>¿Presentan las especies arbóreas nativas del valle del Mantaro potencialidad para desarrollar estudios dendrocronológicos?</p> <p>Específicos:</p> <p>¿Existe relación entre la variación interanual en el ancho de anillos de los árboles de especies nativas del Valle del Mantaro y la precipitación?</p>	<p>General:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar el estudio dendrocronológico de las especies andinas del Valle del Mantaro. <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la edad de las especies arbóreas nativas del valle del Mantaro. • Analizar la relación existente entre los factores climáticos como precipitación y temperatura registrados en la cuenca alta y media del Valle del Mantaro y la secuencia de 	<p>Antecedentes:</p> <p>Tesis de investigación de (Campos Zumaeta, 2009) Dendrocronología en árboles de Tornillo, Cedrelinga cateniformis Ducke (Fabaceae), del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera en el noreste de la Amazonia, Región Loreto – Perú</p> <p>Tesis de investigación de (Urrutia Jalabert, 2002) Desarrollo de una cronología de anchos de anillos para Alerce (Fitzroya cupressoides) y reconstrucción de la historia de incendios en el área de Abtao, Parque Nacional Chiloé, X Región.</p>	<p>General:</p> <p>La temperatura y la precipitación presentan un efecto en el potencial dendrocronológico de las especies andinas.</p> <p>Ho:</p> <p>En el valle del Mantaro no existen especies con anillo de crecimiento visibles</p> <p>Ha:</p> <p>Existen especies arbóreas con potencial para estudios dendrocronológicos</p>	<p>Variable 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de anchos de anillos <i>Alnus alcuminata</i> • Índice de anchos de anillo <i>Schinus molle</i> • Índice de anchos de anillos de <i>Prunus serótina</i> <p>Tipo: Dependiente</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Ancho de anillos en (mm)</p> <p>Variable 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura <p>Tipo: Independiente</p> <p>Dimensiones:</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Observacional, según la intervención del investigador prospectiva según la planificación de la toma de datos. Transversal según el número de ocasiones en la que se mide la variable de estudio. Descriptivo según el número de variables de interés.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Descriptivo Relacional</p> <p>Métodos:</p> <p>Método general o teórico de la investigación: Descriptivo Correlacional</p> <p>Método específico de la investigación:</p>

	<p>anillos de crecimiento encontrados en el leño de los árboles interpretando la incidencia del clima en el crecimiento de los árboles.</p>	<p>El artículo de divulgación de (Requena Rojas, 2015) Dendrocronología de <i>Alnus acuminata</i> en el bosque reservado de San Pedro de Saño.</p> <p>El artículo científico de (Neira, y otros, 2000) que tiene como nombre Desarrollo de cronologías de ancho de anillos para alerce (<i>Fitzroya Cupressoides</i>) en Contao y Mirador</p> <p>Bases teóricas: Dendrocronología: Técnicas y métodos que permiten datar los anillos de crecimiento anuales, extraer, separar e interpretar la información que contienen de los diferentes factores que han influido en su crecimiento.</p> <p><i>Alnus acuminata</i>: Especie de vida media, de tamaño variable con alturas hasta de 30 m y</p>	<p>anillos de crecimiento definidos</p>	<p>Grados Kelvin (K)</p> <p>Variable 3: •Precipitación</p> <p>Tipo: Independiente</p> <p>Dimensiones: Milímetros(mm)</p>	<p>Método deductivo, se usó este método como guía en la investigación</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>Tipo de diseño: La investigación a realizar es de tipo no experimental descriptivo</p> <p>Población: La población está compuesta por los árboles de <i>Alnus acuminata</i>, <i>Prunus serotina</i> distribuidos en la cuenca alta y media del valle del Mantaro.</p> <p>Muestra: La muestra está compuesta por 30 árboles de cada especie que será seleccionada en base a su longevidad y buen estado sanitario que estarán en la cuenca media y alta del valle del Mantaro.</p> <p>Técnicas de recolección:</p>
--	---	--	---	--	---

		<p>diámetro de 50 cm. Tiene fuste recto, con aletones pobremente desarrollados, y es cónico cuando crece sin competencia.</p>			<p>Elección de la especie Recolección de muestras</p> <p>Técnicas de procesamiento: Fechado de anillos de crecimiento.</p> <p>Trabajo de laboratorio con los programas: COFECHA, ARSTAN</p> <p>Análisis de la correlación de los anillos de crecimiento.</p>
--	--	---	--	--	--

ANEXO Nro. 02

Extracción de muestras de los Distritos del Valle del Mantaro



Foto N° 1 : Extracción de muestras con la ayuda del Barreno.

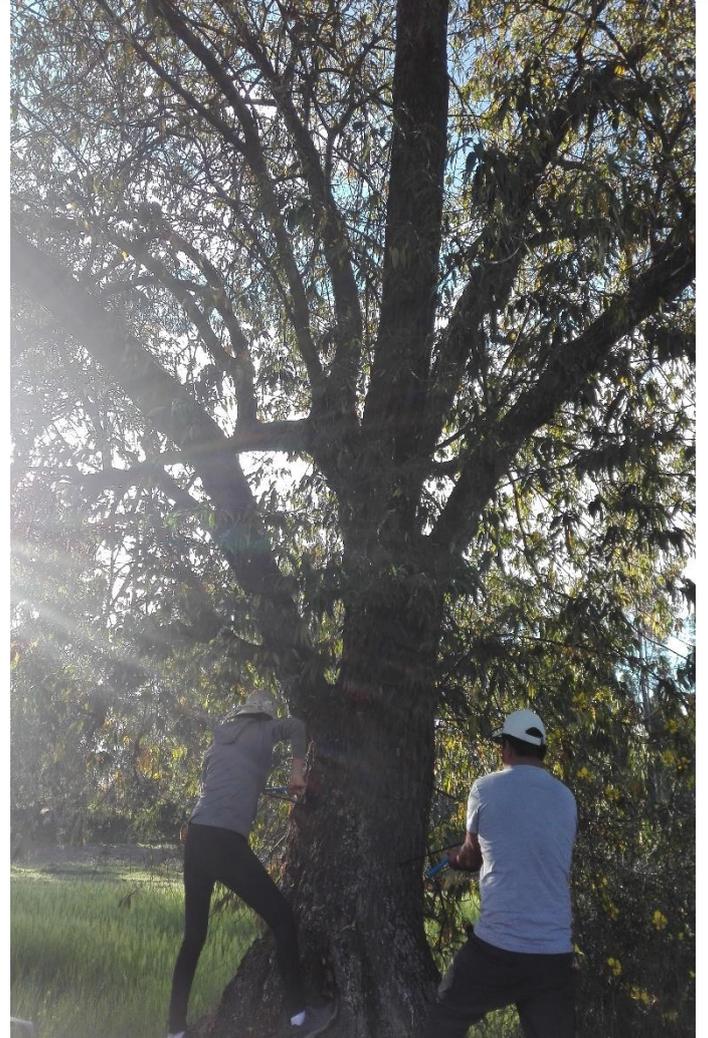


Foto N° 2: Extracción de Muestras con apoyo del Investigador líder del Proyecto



Foto N° 3: Extracción de Muestras en el Distrito de Apata

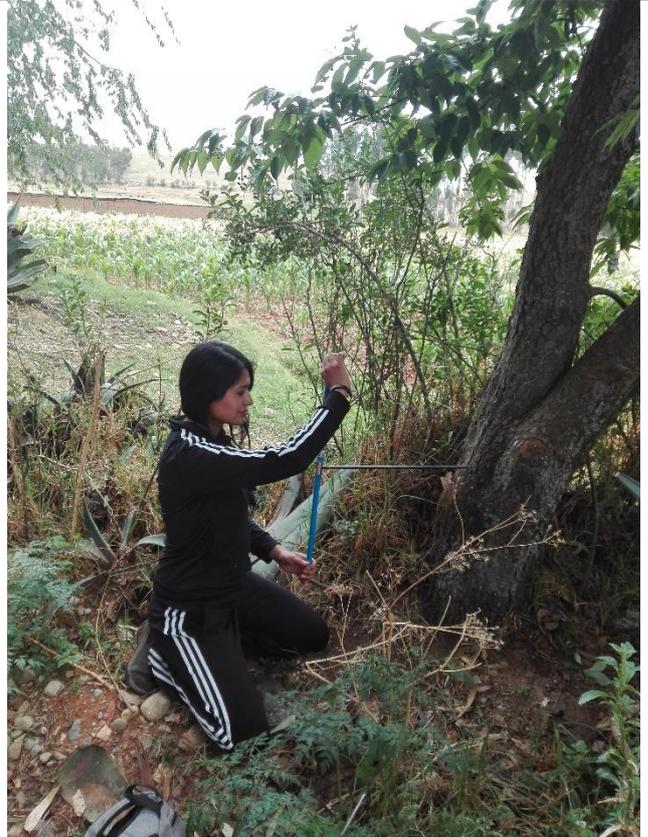


Foto N° 4: Extracción de Muestras



Foto N° 5: Extracción de Muestras



Foto N° 6: Extracción de Muestras con apoyo del Investigador líder del Proyecto

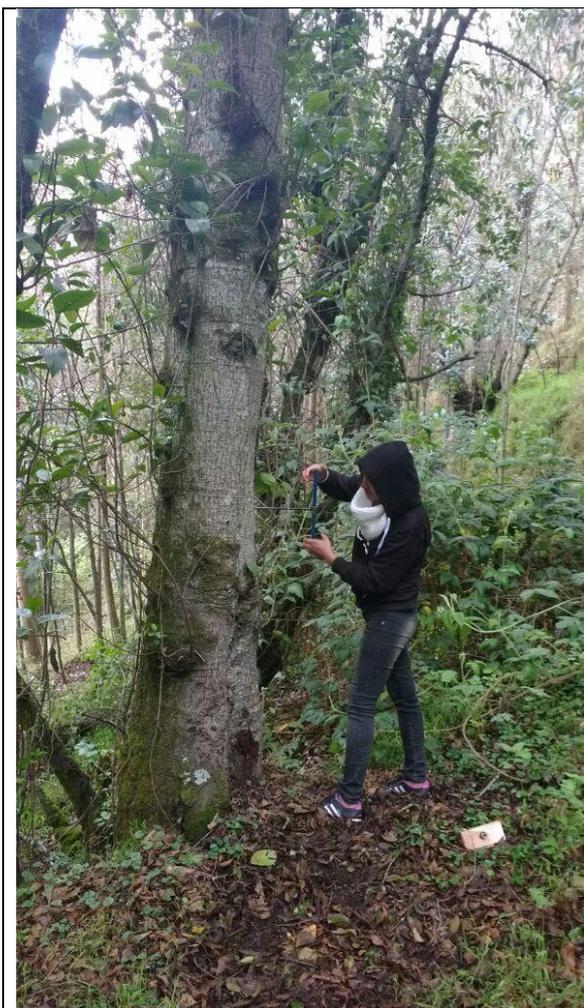


Foto N° 7: Extracción de Muestras con barreno



Foto N° 8: Muestra de *Alnus acuminata* en rodajas del distrito de Apata

ANEXO Nro. 03

Codificación de muestras



Foto N° 9 traslado de muestras a Gabinete

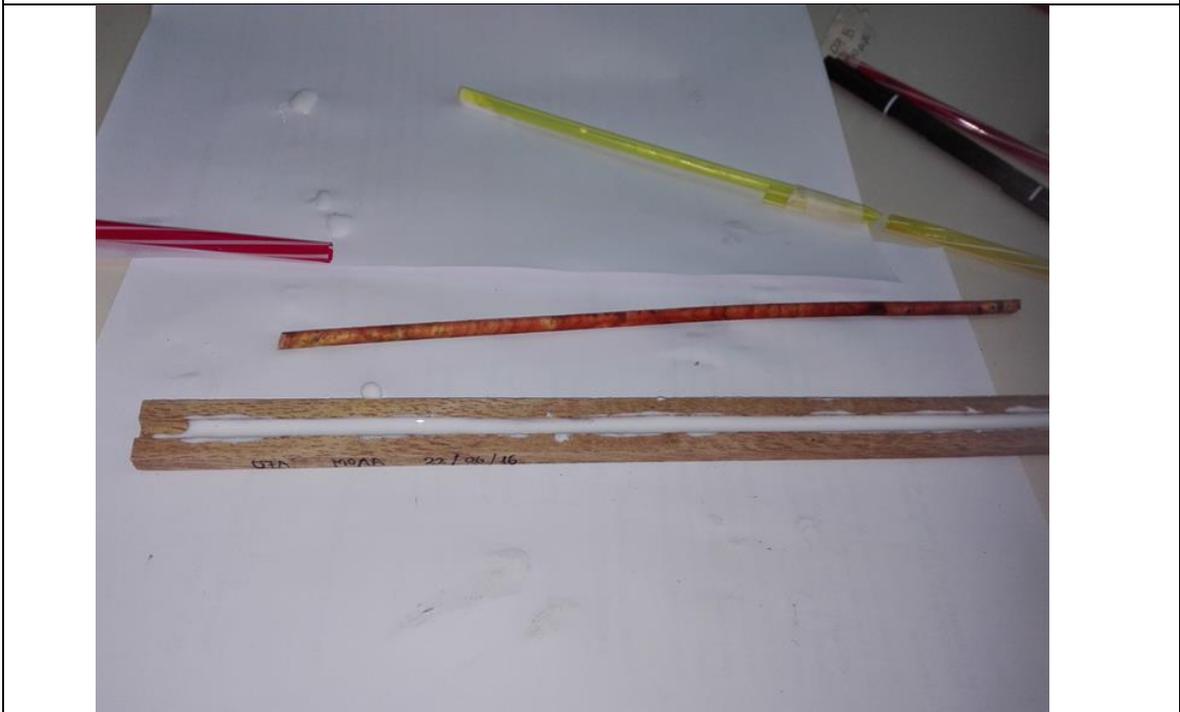


Foto N° 10 Montado de muestras en las regletas



Foto N° 11 Montado de muestras y codificación de muestras.



Foto N° 12 Muestras ya montadas y aseguradas con maskin tape



Foto N° 13 Lijado de muestras luego del proceso de montaje en las regletas.



Foto N° 14 Lijado de las muestras en rodaja con las lijadoras en banda.



Foto N° 15: Muestra lijada e identificación de los anillos anuales.



Foto N° 16 Muestras ya identificadas con sus anillos de crecimiento anual.



Foto N° 17 Muestra de Apata de la especie de *Alnus acuminata*



Foto N° 18 Identificación de anillos anuales y separación de los radios para el proceso de cofechado .



Foto N° 19. Estereomicroscopio donde se observan las muestras ya lijadas



Foto N° 20:Procesado de las muestras con el programa COFECHA Y ARSTAN

Anexo 04
Datos climáticos

Tabla 1: Datos climáticos de Precipitación de la estación de Jauja

Tabla 2: Estación de Jauja Temperatura máxima

Tabla 3: Estación de Jauja Temperatura mínima

Tabla 4: Datos climáticos de Precipitación de la estación de Santa Ana

Tabla 5: Estación de Santa Ana Temperatura máxima

Tabla 6: Estación de Santa Ana Temperatura mínima

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROEMDIO _ANUAL	PROMEDIO ESTACIESTACIONAL
1991	78.8	63.6	137.9	49.2	22.4	14.5	1.4	0	35.9	68.3	41.8	55.3	47.4	32.7
1992	65.8	48.5	33.1	14.7	0.6	19.4	0.5	8.3	16.1	35.7	46	40.6	27.4	46.5
1993	137.4	113.5	82.4	67.6	7.1	0.8	3.5	7.5	42.2	90.5	116.5	129.1	66.5	69.9
1994	130.8	114.7	111.4	85.4	11.1	4.3	0	3	11.7	59.6	64.7	83.4	56.7	47.0
1995	67.4	86	132.6	37.4	7.8	1.2	10.1	2.5	2.8	62.8	72.5	115.2	49.9	54.1
1996	84.7	101.9	138.5	61.4	8.8	0	0	0.4	31.8	46.4	31	79.7	48.7	45.9
1997	131.5	125.8	58.4	20.9	16.5	0.2	2.2	5.8	12.1	19.7	61.4	100.2	46.2	44.5
1998	121.6	111.1	85.1	19.1	1	2.3	0	0	7.8	122	68.2	105.5	53.6	62.1
1999	139.3	132.9	88.7	69	7.8	2.3	2	0	69.7	58.3	48.5	82.2	58.4	64.2
2000	152.5	148.2	147.4	32.4	10.5	3.9	4.4	12.5	16.8	52.6	40.8	99.9	60.2	54.3
2001	125.2	77.3	169.4	34	18.9	7.8	6.6	1.7	18.4	70.3	93.7	76.8	58.3	57.6
2002	53.4	136.3	131.5	79.1	8.1	2	18.2	3.6	66	51.6	88.8	101.8	61.7	59.3
2003	122.5	82.7	130.7	54.1	4.9	1.5	0.7	6	14.5	39.1	63.3	117.2	53.1	49.8
2004	50.3	136.1	108.5	38.3	14.7	6.1	4.7	5.1	36.1	50.4	89.5	78.5	51.5	49.6
2005	68.4	122.2	89.8	27.5	17.3	0	0.7	14.9	15.4	93.2	42.9	103.1	49.6	54.3
2006	105.3	98.1	114.6	43.2	8	19.9	4	3.9	17	48.1	50.2	89.9	50.2	50.5
2007	81.1	76.2	169.4	50.1	17.4	0	4.6	1.4	12.5	66.3	63.3	76.2	51.5	44.2
2008	112.7	100.5	63.3	11.3	13.3	6.4	0.6	4.2	28	64.2	31.4	72.8	42.4	53.5
2009	95.7	76	115.1	89.4	47.2	3.8	2.6	15.4	8.6	55.4	122.8	149.9	65.2	57.0
2010	130.5	96.1	59	52.7	6.2	2.2	0.5	0.6	27.9	72.6	51.8	106.9	50.6	70.7
2011	113.8	162.4	170.8	51.8	14.2		2.9	2.3	16	65.7	77.8	140.7	74.4	57.7
2012	98.4	110.2	62.4	89	24.6	3.2	0.4	4.4	45.2	52.3	91.4	131.8	59.4	196.1
2013	161.1	155.2	103.2	30.2	1554.2	4.1	2.5	22.0	6.4	84.1	95.6	137.2		
2014	110.2	108.3	150.5	53.2	24.7	4.8	12.7	0.9	41.1	28.6	76.8	122.7	196.3	65.0

PROMEDIO MULTI MENSUAL	115.5	116.7	110.5	48.2	47.7	5.4	4.2	8.7	27.7	65.4	71.0	102.8	60.0
------------------------------	-------	-------	-------	------	------	-----	-----	-----	------	------	------	-------	------

Tabla 2: Estación de Jauja -

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO_ ANUAL	PROMEDIO ESTACIONAL
1991	19.5032	18.307	17.3	18.313	19.03	19.293	18.716	19.065	19.0333	18.6581	19.2533	20.8129	18.9	19.6
1992	19.6286	19.993	19.7	21.213	21.18	18.333	18.226	18.8	20.5867	19.3548	21.5867	21.53548	20.0	19.3
1993	18.5613	18.296	17.35	18.093	19.06	19.06	19.084	19.206	19.3	18.7484	17.8467	17.82581	18.5	18.1
1994	16.8968	17.021	17.26	18.127	19.08	18.48	18.548	18.639	18.731	19.5161	19.8467	20.02143	18.5	19.2
1995	18.5355	18.257	16.98	19.048	19.02	19.473	19.865	20.91	19.0733	19.8774	19.09	18.88387	19.1	18.6
1996	17.1467	16.738	17.26	18.213	18.9	19.273	18.865	19.755	20.84	20.3484	21.5333	19.32903	19.0	20.0
1997	18.471	16.614	19.96	20.573	20.61	21.08	20.865	19.768	21.5733	22.4452	20.4267	20.37419	20.2	20.8
1998	19.2194	19.569	18.96	21.727	21.79	20.21	20.906	22.423	21.6621	20.7258	20.6467	18.69355	20.5	18.7
1999	17.7742	15.714	16.72	16.997	18.6	19.3	18.513	19.442	19.2267	17.4258	20.7862	19.24194	18.3	18.6
2000	16.6226	16.39	15.95	18.113	19.89	20.443	19.968	19.652	20.1033	19.4419	20.8926	20.77097	19.0	18.4
2001	16.6871	17.029	16.13	17.373	18.93	17.323	18.148	18.113	18.71	18.6774	18.34	18.7129	17.8	18.0
2002	18.5871	17.154	17.67	17.237	17.88	18.313	16.955	18.255	17.9241	18.2129	17.9724	18.25484	17.9	18.4
2003	18.7	17.604	17.1	18.24	18.96	19.31	18.945	19.194	19.4733	20.5839	20.87	18.04839	18.9	19.0
2004	19.7581	17.752	17.74	18.977	20.22	18.657	18.297	17.332	17.4133	18.6452	19.2867	17.28387	18.4	19.0
2005	18.5226	18.607	17.73	19.067	20.51	20.263	19.835	20.303	19.99	19.04	20.4667	17.57419	19.3	18.6
2006	18.2097	17.664	17.06	17.78	19.15	18.617	18.726	18.965	19.76	19.9742	18.4067	19.25806	18.6	18.8
2007	19.0129	18.246	16.9	17.376	18.64	19.053	18.777	19.771	18.6793	19.7097	20.3733	18.83871	18.8	18.8
2008	16.4613	16.568	16.58	19.11	19.45	19.663	19.563	20.177	20.29	19.4097	20.29	19.46452	18.9	19.1

2009	17.6871	17.564	17.34	17.713	19.29	19.82	19.523	20.265	20.9933	20.1226	19.3733	18.34	19.0	20.4
2010	19.42	19.636	19.55	21.187	21.44	20.827	21.91	21.729	21.1867	21.2645	20.76	18.92258	20.7	19.5
2011	18.2516	17.679	17.43	18.353	20.1		19.935	21.045	20.3172	21.3548	21.0733	18.3871	19.4	19.6
2012	19.6774	17.9	17.54	18.46	20.12	19.513	20.142	20.69	19.7333	20.6387	20.6667	18.70968	19.5	19.7
2013	19.5871	18.643	19.18	21.187	18.69	19.92	18.974	20.297	20.82	20	20.08	18.83871		
2014	18.7355	19.1	18.87	20.347	20.35	20.716	21.453	20.11	20.52	19.9097	20.8	19.59677	19.7	19.3
PROMEDIO MULTI MENSUAL	18.6	18.2	18.0	19.0	19.6	19.2	19.2	19.7	19.9	19.9	20.2	19.4		19.2

Tabla 3:

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROEMDIO _ANUAL	PROMEDIO ESTACIONAL
1990	7.070968	6.05	5.19259	4.326667	2.22759	3.75385				7.742857	7.02	5.73548	5.5	4.2
1991	6.766667	5.921429	7.40645	4.78	2.41935	0.47333	-1.8286	-0.5032	3.16667	5.445161	5.18	4.73548	3.7	3.8
1992	5.767742	6.22069	5.82581	4.446667	1.35484	2.69333	-0.9935	1.79333	3.22	4.722581	5.18	4.67097	3.7	3.4
1993	6.309677	6.2	6.29677	5.1	2.2129	-2.74	-0.7097	0.52258	3.57333	4.954839	6.753333	7.36774	3.8	3.8
1994	6.787097	6.821429	6.18667	5.466667	1.14839	-0.9667	-1.5677	-1.1097	3.08889	3.746667	5.393333	5.95484	3.4	3.5
1995	5.735484	5.7	6.42667	4.393333	0.88387	-0.04	0.2129	0.94839	2.75333	4.535484	4.9	4.7871	3.4	3.1
1996	5.425806	5.586207	5.57419	5.326667	2.08387	-2.04	-3.2323	1.67742	2.64667	3.974194	3.646667	4.32903	2.9	2.9
1997	5.225806	5	5.17857	3.233333	2.22857	-1.4867	-1.2903	2.08387	3.49333	5.335484	5.366667	6.58065	3.4	3.7
1998	7.180645	7.2	6.39355	4.386667	-0.3419	-0.3433	-2.9903	1.85484	1.69667	4.951613	4.523333	5.20645	3.3	2.6
1999	5.412903	5.371429	5.11613	3.783333	1.34516	-1.52	-2.3774	-1.8323	2.27667	3.087097	4.683333	5.74	2.6	3.5
2000	5.235484	5.203448	4.52333	4.283333	2.87742	2.07333	0.6484	1.72581	2.56333	5.054839	4.066667	5.69355	3.7	4.0
2001	7.27	6.860714	6.7871	3.916667	3.04516	0.27333	2.2258	0.69677	4.58	5.512903	6.583333	6.13871	4.5	4.7

2002	5.790323	7.385714	7.09355	5.516667	2.69355	1.00333	2.1645	1.74516	4.73	5.76129	6.258621	6.48333	4.7	4.7
2003	7.196774	6.960714	6.82258	5.53	3.77097	1.23333	-0.2581	2.01613	3.83667	4.903226	5.323333	7.15806	4.5	4.3
2004	6.36	6.937931	6.55806	4.423333	2.29032	0.90333	1.5613	1.28387	4.23667	6.203226	5.81	6.75484	4.4	4.2
2005	5.141935	6.692857	6.68065	5.413333	2.0871	0.06333	-0.2871	1.39355	4.04667	5.274194	4.913333	5.96774	3.9	4.2
2006	6.46129	6.65	6.78333	5.453333	0.52903	2.16667	-0.6871	2.49032	3.79667	6.106452	6.53	7.00968	4.4	4.5
2007	7.145161	6.882143	6.94194	5.643333	2.83667	-0.7167	0.7839	1.26129	3.28	5.135484	5.703333	5.93226	4.2	4.0
2008	7.106452	6.47931	5.48065	4.32	1.70968	0.54333	-0.2	2.30323	3.76667	5.922581	6.003333	6.46774	4.2	4.6
2009	7.23871	7.664286	6.66452	5.613333	2.83871	0.25333	0.3677	1.92258	3.28	4.687097	6.633333	6.99355	4.5	4.5
2010	8.025806	7.864286	7.96	5.426667	2.56774	0.98667	-0.8516	0.43871	4.1931	5.262069	5.82069	7.21379	4.6	4.9
2011	7.586207	7.614815	7.38065	5.44	2.87097		-0.2903	0.94839	5.01481	6.006452	6.773333	7.05	5.1	4.5
2012	6.292308	6.88	6.37241	5.962963	3.22667	1.04	-0.9806	0.43333	3.52667	5.696774	6.613793	7.74286	4.4	4.5
2013	6.948148	2.634783	7.74194	4.4	3.4	2.9	0.9	2.2	4.1	6.8	6.5	7.4		
2014	7.058065	7.492857	6.41935	5.893333	4.71333	1.76552	2.5517	2.37333	5.6	5.993548	6.28	7.62581	4.7	4.6
PROMEDIO MULTI MENSUAL	6.5	6.4	6.4	5.0	2.7	1.1	0.3	1.8	4.0	5.4	5.7	6.2		4.1

Tabla 4:

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROEMDIO _ANUAL	PROMEDIO ESTACIONAL
1992	15.01	88.8	50.2	16.8	3.4	11.5	2.9	17.6	15.7	33.4	67.0	36.6	29.9	50.9
1993	112.0	106.4	109.1	88.5	23.4	1.8	3.4	13.0	14.5	19.6	63.2	66.2	51.8	39.1
1994	100.4	76.8	62.8	36.8	16.6	6.0	0.0	5.7	5.3	44.8	63.9	94.8	42.8	43.1
1995	77.6	78.7	108.2	19.8	7.4	1.5	6.4	8.7	17.8	86.7	76.8	120.1	50.8	57.7
1996	113.7	90.5	107.2	71.4	3.8	1.0	0.0	3.3	39.1	40.7	50.3	96.4	51.5	51.1
1997	120.9	146.3	60.9	30.3	3.3	2.1	2.4	20.2	32.4	46.0	74.2	155.8	57.9	68.5

1998	182.3	181.9	56.3	71.1	7.6	7.0	0.0	7.6	27.7	94.4	89.9	88.1	67.8	58.9
1999	83.6	159.8	81.5	31.6	6.2	20.4	11.1	3.6	60.5	67.4	102.0	86.6	59.5	61.1
2000	103.6	138.2	89.3	39.6	15.0	1.8	7.3	21.4	5.5	60.1	43.0	82.2	50.6	54.2
2001	108.9	117.5	178.6	31.5	9.9	0.8	8.4	4.1	40.2	78.3	71.3	120.7	64.2	59.5
2002	67.2	112.3	127.4	36.5	12.1	1.5	24.3	21.9	62.2	84.8	149.1	124.2	68.6	76.7
2003	95.5	121.2	166.9	64.3	30.9	0.0	0.5	21.0	25.4	25.7	83.8	166.4	66.8	55.2
2004	71.3	136.4	78.3	29.5	13.3	11.0	9.9	11.7	35.4	37.7	95.9	126.9	54.8	50.2
2005	50.8	120.8	87.5	26.8	5.2	12.0	2.6	0.4	13.1	129.8	60.0	134.7	53.6	62.7
2006	178.3	91.0	91.7	28.5	1.4	6.4	5.1	12.1	41.4	57.6	73.2	143.1	60.8	59.7
2007	104.0	75.5	150.7	37.2	13.7	0.0	6.3	13.6	20.8	56.9	59.8	74.5	51.1	43.5
2008	116.0	94.5	46.3	24.7	11.0	11.1	0.0	6.2	45.7	117.4	48.9	97.5	51.6	67.7
2009	94.7	102.8	120.9	84.2	S/D	1.8	7.6	23.3	39.1	48.4	129.1	133.2	71.4	65.4
2010	142.9	151.0	84.1	26.9	0.7	3.1	19.4	6.9	7.0	68.7	49.8	122.4	56.9	80.7
2011	205.7	271.0	139.2	79.1	11.5	0.0	9.8	3.8	79.9	73.4	55.7	140.7	89.2	71.1
2012	108.4	133.6	75.8	126.7	29.5	28	0	2	37.1	58	61.8	184.5	70.5	68.1
2013	160	128.2	85.9	49.6	11.1	5	3.7	32	38.7	58.3	38	131	61.8	69.9
2014	161	99.5	179.7	64.1	32.1	0.3	4.2	32.1	83.4	34.3	103.1	100.7	74.5	61.9
PROMEDIO MULTI MENSUAL	111.9	122.7	101.7	48.5	12.2	5.8	5.9	12.7	34.3	61.8	74.3	114.2		59.9

Tabla 5

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO_ANUAL	PROMEDIO ESTACIONAL
1992	22.1	20.6	21.2	22.5	22.8	20.0	19.9	20.3	21.9	19.7	22.6	22.9	21.4	21.1
1993	19.6	20.1	19.3	20.4	21.5	21.9	21.8	21.2	21.0	19.9	20.4	20.2	20.6	25.6
1994	20.4	76.8	20.1	20.6	22.1	21.3	22.2	22.2	21.4	22.9	22.2	21.5	26.1	21.4
1995	19.4	19.9	19.0	21.3	22.0	21.5	22.4	23.5	21.9	22.5	21.5	21.3	21.3	20.3
1996	18.7	18.0	18.9	19.2	20.6	19.9	20.4	20.7	21.1	22.1	22.1	18.8	20.0	19.6

1997	17.8	17.0	19.1	19.4	19.7	20.1	19.8	18.8	20.7	21.1	19.8	19.6	19.4	20.2
1998	18.9	19.7	19.2	21.2	21.6	19.9	20.1	20.4	21.2	20.4	20.8	19.2	20.2	19.5
1999	18.9	17.2	17.9	18.0	19.7	20.1	19.3	20.7	20.1	18.4	21.3	19.1	19.2	19.2
2000	17.9	17.8	17.2	18.5	20.0	20.5	19.4	19.6	21.2	19.3	22.4	20.1	19.5	19.6
2001	17.6	18.4	17.7	18.9	20.6	19.2	20.0	19.7	19.5	20.5	20.4	20.6	19.4	19.6
2002	20.0	18.6	19.2	19.2	20.1	19.5	18.5	19.5	19.4	19.8	19.5	20.5	19.5	19.6
2003	19.6	19.3	18.4	19.2	19.9	20.2	19.6	19.9	20.4	21.7	22.0	19.1	19.9	20.1
2004	21.2	19.4	19.1	20.2	21.2	19.2	19.3	18.9	19.0	20.0	21.3	19.4	19.8	20.5
2005	20.4	20.6	19.8	20.6	21.8	21.0	20.8	21.6	21.3	20.5	22.1	19.3	20.8	19.9
2006	15.6	19.3	18.6	19.8	21.1	20.4	20.4	20.5	20.6	20.8	19.7	20.8	19.8	20.4
2007	20.7	20.5	18.5	19.5	20.9	20.9	20.4	21.2	19.7	21.5	21.6	20.5	20.5	20.3
2008	18.6	18.8	18.6	20.8	21.0	20.6	20.5	21.4	21.3	20.2	21.9	21.0	20.4	20.4
2009	19.2	19.0	18.5	19.6	20.8	21.2	20.6	21.8	21.5	21.6	21.1	19.9	20.4	21.0
2010	19.4	20.3	20.0	20.9	22.0	21.3	22.4	21.9	21.1	21.5	21.6	18.8	20.9	19.6
2011	18.5	13.5	18.3	18.9	20.6	21.1	20.0	21.3	20.1	21.2	21.5	19.0	19.5	19.9
2012	20.0	18.6	17.7	18.6	20.3	19.8	20.5	21.1	20.2	20.8	21.3	18.9	19.8	20.2
2013	19.8	19.3	19.6	21.5	21.1	20.1	19.5	20.9	21.3	21.1	21.7	19.7	20.5	15.1
2014	19.1677	19.079	18.7	19.437	20.68	0	0	0	0	0	0	0	8.1	13.3
PROMEDIO MULTI MENSUAL	19.3	21.4	18.9	19.9	21.0	19.5	19.5	19.9	19.8	19.9	20.4	19.2		19.8

Tabla 6:

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROEMDIO_ ANUAL	PROMEDIO ESTACIONAL
1992	6.1	7.1	5.6	3.7	1.4	2.7	-0.7	1.8	2.8	3.3	3.6	-0.5	3.1	2.0
1993	4	4.9	4.6	3.9	1.0	-3.3	-0.7	-0.2	2.7	3.0	5.3	20.2	3.8	4.1
1994	4.8	5.1	6.1	3.4	0.2	-0.9	-0.8	0.3	3.9	4.1	6.0	6.9	3.3	3.9

1995	6.1	6.4	6.4	4.2	1.2	0.03	0.2	1.5	2.8	4.6	5.3	6.0	3.7	3.8
1996	6.3	6.3	5.6	5.3	1.9	-0.9	-1.2	3.4	4.7	5.7	5.1	5.9	4.0	3.8
1997	7.6	6.6	5.3	2.9	2.0	-1.4	-1.2	2.9	3.8	7.1	7.5	7.4	4.2	5.2
1998	8.5	8.8	7.6	6.2	1.9	1.5	-1.1	2.9	2.8	7.0	6.0	6.6	4.9	4.5
1999	6.9	6.9	7.0	5.2	2.3	0.1	-0.3	0.3	3.9	4.4	4.9	6.3	4.0	4.3
2000	7.2	6.8	6.1	3.6	2.8	2.2	0.3	2.5	3.6	5.1	3.5	5.1	4.1	3.9
2001	7.4	7.2	7.1	3.0	2.8	-0.6	1.8	0.3	4.4	6.4	6.6	6.1	4.4	4.7
2002	5.8	7.2	7.1	5.8	2.5	0.7	2.3	1.7	5.2	6.2	5.9	6.6	4.8	4.6
2003	6.7	6.8	7.0	5.2	4.0	0.9	-0.9	1.8	3.2	4.1	4.2	6.9	4.2	3.7
2004	6.6	6.6	6.0	3.0	1.3	0.2	0.8	1.1	3.8	5.6	4.9	6.3	3.9	3.4
2005	5.0	6.5	6.4	4.2	1.0	-0.9	-1.3	-0.2	3.4	5.2	4.1	6.6	3.3	3.8
2006	6.8	6.8	6.5	4.6	-0.1	1.1	-1.9	2.5	3.9	5.8	6.3	7.1	4.1	4.4
2007	6.7	6.6	6.8	5.6	2.8	-0.8	0.8	1.1	3.8	4.7	5.0	5.6	4.1	3.5
2008	7.5	5.8	4.7	3.5	0.9	0.1	-1.0	1.3	3.3	5.5	5.5	6.3	3.6	4.2
2009	6.4	7.3	6.1	4.2	2.5	0.0	0.6	2.2	3.7	4.7	6.6	7.1	4.3	4.2
2010	7.2	7.2	6.9	4.9	2.4	0.7	-0.9	0.1	3.3	5.0	5.0	6.6	4.0	3.9
2011	6.9	7.1	7.2	4.6	1.8	-0.4	-0.5	0.6	5.4	5.8	6.1	6.1	4.2	4.2
2012	6.2	6.7	6.3	5.8	2.7	0.2	-1.7	0.4	2.9	5.8	5.8	8	4.1	4.3
2013	6.6	7.1	6.8	3.5	2.2	1.9	-0.1	1.4	2.6	5.5	4.9	6.9	4.1	4.1
2014	6.8	7.4	6	4.7	3.2	0.1	0.8	0	4	4.5	5.3	6.4	4.1	3.9
PROMEDIO MULTI MENSUAL	6.5	6.7	6.3	4.4	1.9	0.1	-0.3	1.3	3.7	5.2	5.4	6.8		4.0

