



Maestría en Ciencias

Sección: Gestión Ambiental y Recursos Naturales

Mención: Gestión Ambiental

TESIS:

**DENDROCRONOLOGÍA DE *Caesalpinia spinosa* (MOLINA)
KUNTZE, “TAYA”, EN BOSQUES NATURALES DE LA
PROVINCIA DE SAN MARCOS Y DISTRITO DE MATARA**

Por:

Yuli Anabel Chávez Juanito

Asesor:

M. Sc. Walter Ricardo Roncal Briones

Cajamarca, Perú

Julio, 2014

COPYRIGHT © 2014 by
YULI ANABEL CHÁVEZ JUANITO
Todos los derechos reservados



Maestría en Ciencias

Sección: Gestión Ambiental y Recursos Naturales

Mención: Gestión Ambiental

TESIS APROBADA:

**DENDROCRONOLOGÍA DE *Caesalpinia spinosa* (MOLINA)
KUNTZE, “TAYA”, EN BOSQUES NATURALES DE LA
PROVINCIA DE SAN MARCOS Y DISTRITO DE MATARA**

Por: Yuli Anabel Chávez Juanito

Comité Científico:

Dr. Berardo Escalante Zumaeta
Presidente del Comité

Mg. Andrés Castro Abanto
Primer Miembro Titular

Dr. Juan Seminario Cunya
Segundo Miembro Titular

M. Sc. Walter Ricardo Roncal Briones
Asesor

Julio, 2014

CONTENIDO

Ítem	Página
Lista de ilustraciones	vi
Glosario	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Justificación de la investigación	3
1.4 Alcances y limitaciones	4
1.5 Hipótesis de la investigación	5
1.6 Objetivos de la investigación	5
1.7 Metodología de la investigación	5
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Generalidades de la taya	6
2.1.1 Descripción botánica	6
2.1.2 Clima	7
2.1.3 Zonas de vida	7
2.2 Dendrocronología	8
2.2.1 Principios de dendrocronología	9
2.3 Aplicaciones de dendrocronología	13
2.3.1 Factores que influyen en la formación de anillos crecimiento	15
2.3.2 Dendroclimatología	17
2.3.3 Aspectos de la anatomía útiles en la dendrocronología	18
2.3.4 Metodología utilizadas en estudios dendrocronológicos	20
2.3.5 Fase de laboratorio	22

CAPÍTULO III: DISEÑO DE CONTRASTACIÓN	26
3.1 Definición operacional de las variables	26
3.2 Diseño metodológico	26
3.2.1 Tipo de investigación	26
3.2.2 Unidad de análisis, población y muestra	27
3.2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de los datos	27
3.2.4 Ubicación del área de estudio	28
3.2.5 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos	31
3.2.5.1 Procedimiento de recolección de muestras en el campo	31
3.2.5.1.1 Preparación de las muestras	32
3.2.5.2 Procedimiento de preparación de la muestra en laboratorio	33
3.2.5.2.1 Acondicionamiento de las muestras	33
3.2.5.2.2 Medidas de los anillos	34
3.2.5.2.3 Medición del ancho de los anillos	35
3.2.5.3 Metodología para correlacionar los anillos de crecimiento de <i>C. spinosa</i> con la precipitación y temperatura	36
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1 Análisis dendrocronológico de la <i>C. spinosa</i>	37
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1 CONCLUSIONES	47
5.2 RECOMENDACIONES	48
LISTA DE REFERENCIAS	49
Anexos	53

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figuras	Página
1. Fig. 1. Diagramas que muestran la estructura interna de los anillos de una conífera joven. (OAA, Satellite and information services).	19
2. Fig. 2. Ejemplos de posibles formas de troncos y su respectiva evaluación. Direcciones (líneas) nos sugieren la forma recomendada para obtener muestras para análisis de curvas de crecimiento promedio. (Brienen y Zuidema 2003).	23
3. Fig. 3. Procesamiento de los árboles de taya en campo.	33
4. Fig. 4. Vista de los anillos de crecimiento de <i>C. spinosa</i> en el programa CooRecorder 7.6	35
5. Fig. 5. Gráfico del ancho de los anillos de crecimiento del árbol 1 del caserío El Cedro en el programa.	36
6. Figura 6. Edades de los árboles muestreados en los caseríos El Cedro y Collambay	39
7. Figura 7. Corte transversal de <i>C. spinosa</i> visto en estereoscopio, 25x	41
8. Figura 8. Dendrocronología de ancho de anillos de crecimiento vs la precipitación	43
9. Figura 9. Dendrocronología total del ancho de anillos.	44
10. Figura 10. Ancho de anillos en relación con la temperatura en la etapa de crecimiento	45
Tablas	Página
1. Tabla 1. Operacionalización de las variables.	26
2. Tabla 2. Tipificación de la investigación según los criterios más importantes	26
3. Tabla 3. Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos de cada variable.	28
4. Tabla 4. Árboles muestreados de taya	31
5. Tabla 5. Número de anillos de crecimiento y edad aproximada de 10 árboles de taya en estudio	37
6. Tabla 6. Diámetros medidos de los árboles del caserío El Cedro y Collambay	42

GLOSARIO

Albura. Capa más externas del xilema que, en los árboles vivos, tienen células vivas en los radios medulares y almacenan reservas. La albura tiene cuatro funciones principales que son de transporte, almacenamiento, soporte mecánico, protección y defensa.

Anillo de crecimiento. Marcas circulares que indican la posición del cambium vascular al cese del crecimiento del año previo.

Capa de células de xilema o floema producidas durante un año que, en sección transversal, aparecen como bandas o anillos.

Anillo falso. Anillo aparentemente completo y con límites definidos, formado durante el período de crecimiento, pero no es anual.

Cambium. Capa delgada de tejido meristemático situado entre el xilema secundario (hacia el interior) y el floema secundario (hacia el exterior), a los que da lugar por división celular activa.

Corteza. La capa más externa del tronco de las plantas leñosas, compuesta por una capa externa de células muertas (corcho) y una interna de floema.

Cronología. Serie obtenida promediando varias series de anillos de árboles datadas y expresada en función de una escala temporal absoluta o relativa (flotante).

Dendrocronología. Es la ciencia que data los anillos anuales de crecimiento de los árboles. Incluye investigaciones acerca de la información registrada en la estructura de los anillos datados, así como aplicaciones a cuestiones ambientales e históricas.

Duramen. La parte más interna del xilema rodeando la médula, carece de células vivas y, normalmente, es de coloración más oscura que la albura.

Grosor de un anillo (espesor de un anillo). Anchura de un anillo anual medido a lo largo de un radio.

Madera de primavera (leño temprano; madera temprana). Xilema producido por un anillo anual en la primera parte del periodo de crecimiento; en las gimnospermas está caracterizado por traqueidas de pared celular delgada, y en las angiospermas por vasos de diámetro grande.

Madera de verano (leño tardío, madera de otoño). Xilema más denso, a menudo de coloración producido en un anillo al final del periodo de crecimiento; en las gimnospermas se caracteriza porque las células están radialmente aplastadas y las paredes celulares más gruesas, y en las angiospermas porque hay menos vasos.

Médula. Parte central del tronco y de las ramas formada por un tejido parenquimático de almacenamiento cuyas células suelen ser esféricas.

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue determinar la edad de las poblaciones de *Caesalpinia spinosa* en bosques naturales de la provincia de San Marcos y Distrito de Matara (Región Cajamarca), a través del conteo de anillos de crecimiento y la relación del ancho de los anillos con la temperatura y precipitación, durante la época de crecimiento. Se aplicó la técnica de la dendrocronología en 10 árboles de taya. Se talaron los árboles y se obtuvieron 2 rodajas de 7 cm de espesor, de la base del fuste de 7 cm. Se estimó la edad de los árboles a través del número de anillos de crecimiento, utilizando el programa CooRecorder 7.6. Se relacionó el ancho de los anillos con la precipitación y la temperatura de los años de crecimiento, tomando en consideración la edad aproximada. Los árboles más longevos tienen una edad aproximada de 40 años, ubicados en el caserío El Cedro y 84 años en el caserío de Collambay. La precipitación mostró mayor influencia en el crecimiento de los anillos anuales de la taya.

Palabras clave: Anillos de crecimiento, ancho de anillo del árbol, dendrocronología.

Abstract

The aim of this investigation was to determine the age of **Caesalpinia spinosa** populations in natural forests in the province of San Marcos and Matara District (Cajamarca Region), by counting growth rings and the ratio of the width of the rings with temperature and precipitation during the growing season. Dendrocronología technique was applied in 10 Taya trees. The trees were harvested and 2 slices of 7 cm thick, the base of the shaft 7 cm were obtained. The age of the trees was estimated by the number of growth rings, using CooRecorder 7.6 program. The ring width to rainfall and temperature of the growing years related, taking into account the approximate age. The oldest trees are aged approximately 40 years, located in the hamlet of El Cedro and 84 years in the hamlet of Collambay. Rainfall showed greater influence on the growth of annual rings taya.

Keywords: Growth rings, tree ring width, dendrochronology.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.8 Planteamiento del problema

El principal productor de taya es Perú (con más del 80% de la producción mundial). El producto proviene principalmente de bosques naturales. Los centros de producción peruanos están en los departamentos de Cajamarca, Ayacucho, Ancash, La Libertad y Lambayeque (Mancero 2008).

Las poblaciones campesinas, cuya economía depende del cultivo de la taya principalmente, realizan labores silviculturales y manejo para mejorar o incrementar la productividad. Esto es posible cuando se trata de poblaciones establecidas donde la edad es conocida; pero, cuando se trata de bosques naturales la silvicultura y el manejo resulta un tanto más complicada, y que el desconocimiento de los años de vida conlleva a plantear suposiciones erradas y planificar acciones inadecuadas en el mejoramiento de la productividad.

Existen factores que explican la alta variación de productividad en la taya donde se conoce que está ligada básicamente a condiciones genéticas. La conclusión nace de la observación de la variabilidad en la población, relacionada con el volumen de la copa y el número de vainas. Existen condiciones ambientales que acompañan a lo genético, tales como la temperatura afecta a la ovulación, la humedad años secos o años muy lluviosos

disminuyen la productividad, el manejo silvicultural es determinante en cuanto a la poda de formación y fructificación (Mancero 2008).

La dendrocronología es una ciencia altamente utilizada en la datación de los árboles y estudios entre el ancho de los anillos de crecimiento y las variables climáticas (Fritts 1996).

En estas últimas décadas se ha demostrado el potencial de los anillos de crecimiento para determinar la edad en árboles, así como su aplicación para el manejo de los bosques (Tomazello *et al.* 2001).

En plantaciones forestales de Granja Porcón, Región Cajamarca, se aplicó técnicas de dendrocronología y densitometría de rayos X en árboles de *Pinus radiata*, con la finalidad de analizar la relación existente entre los factores climáticos como la precipitación y temperatura, determinar la edad de los árboles, identificación del límite exacto de los anillos de crecimiento. Los resultados mostraron que existe relación entre los anillos y la precipitación media anual, variable climática que influyó en el crecimiento de *P. radiata* (Melo 2009).

En la región Loreto, se tuvo en cuenta las técnicas de dendrocronología en árboles de *Cedrelinga catenaeformis* con los objetivos de: Caracterizar la estructura macroscópica y microscópica en el leño de los anillos de crecimiento, comprobar la anualidad en la formación de los anillos de crecimiento y aplicación de los anillos de crecimiento en dendroclimatología. 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 (Campos 2009).

En la costa norte del Perú, con la finalidad de evaluar eventos pasados del Fenómeno del Niño, se han realizado estudios dendrocronológicos. Los estudios se hicieron en varias especies locales: palo santo (*Bursera graveolens*), hualtaco (*Loxopterigium huasango*) y sapote (*Capparis scabrida*), e incluye crecimiento radial y características del anillado de crecimiento en sus ramas y tronco (Rodríguez *et al.* 1993).

En ese sentido, es necesario determinar la edad de los bosques naturales de *Caesalpinia spinosa* para realizar el manejo silvicultural adecuadamente con el fin de obtener mayor producción de fruto en la planta, y su relación con la precipitación y temperatura.

1.9 Formulación del problema

Pregunta general:

¿Cuál es la edad de la *Caesalpinia spinosa* en los bosques naturales existentes en la provincia de San Marcos y distrito de Matara a través del conteo de anillos y su relación con la precipitación y temperatura?

Preguntas específicas:

- ¿Cuál es el número de anillos de crecimiento y la estimación de edad en los bosques naturales de taya en la provincia de San Marcos y distrito de Matara?
- ¿Cuál es la relación edad – diámetro del fuste en los árboles de taya?
- ¿Cuál es la relación entre el ancho de anillos, la precipitación y temperatura?

1.10 Justificación de la investigación

Por un lado, se han hecho estudios relacionados con la propagación, manejo, comercialización y transformación de la *C. spinosa*, pero es necesario estimar la edad en

bosques naturales para conocer la capacidad productiva de la taya, de manera que ayude a tomar decisiones en el manejo silvicultural como en las renovaciones de poblaciones; considerando que, todo organismo vivo maximiza su productividad en un lapso de tiempo determinado. El período de producción de la taya es corto ya que se inicia al segundo año y se vuelve rentable a partir del cuarto año; es una especie longeva, estimándose una capacidad productiva mayor a los 35 años.

Por otro lado, *C. spinosa* en la época lluviosa manifiestan su mayor crecimiento en altura, diámetro y el número de ramas; su mayor actividad fisiológica está orientada a la producción de frutos, al determinar el número de anillos de crecimiento se puede estimar la edad de las poblaciones. Así, como los datos meteorológicos registrados a través de la medición en las estaciones meteorológicas resultan insuficientes para el conocimiento del comportamiento climático de tiempos pasados y la dendroclimatología constituye una herramienta para el conocimiento de los sucesos climáticos ocurridos años atrás.

1.11 Alcances y limitaciones

La investigación comprenderá variables climáticas como precipitación, temperatura y las características de albura, duramen y anillos de crecimiento en la madera de la taya.

Hubo restricción en la selección y la cantidad de árboles porque se utilizó la técnica destructiva es decir cortar el árbol para obtener una sección transversal del tronco cercano a la base, al realizar esto el dueño del bosque pierde dinero porque estos árboles no van a producir frutos hasta que rebrote la planta para lo cual pasará un buen tiempo.

1.12 Hipótesis de la investigación

Existe relación estrecha entre el número de anillos de crecimiento que determinan la edad, con la precipitación y temperatura en los bosques naturales de *Caesalpinia spinosa* en los caseríos de Collambay y El Cedro.

1.13 Objetivos de la investigación

General

Determinar la edad de la *Caesalpinia spinosa* en los bosques naturales existentes en la provincia de San Marcos y distrito de Matara a través del conteo de anillos y su relación con la precipitación y temperatura.

Específicos

- Determinar el número de anillos de crecimiento y la estimación de edad en los bosques naturales de taya en la provincia de San Marcos y distrito de Matara.
- Establecer la relación edad – diámetro del fuste en los árboles de taya.
- Analizar la relación entre el ancho de anillos, precipitación y temperatura.

1.14 Metodología de la investigación

La investigación es descriptiva y se ha realizado por fases: La fase de campo consistió en la recopilación de muestras de secciones transversales cercanas a la base del fuste, para ello se utilizó la técnica destructiva talar el árbol donde de cada árbol caído se obtuvo dos rodajas de 7 cm de espesor. En la fase de laboratorio se analizó los anillos de crecimiento, y comparó con datos de precipitación y temperatura.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades de la taya

La *Caesalpinia spinosa* pertenece a la familia Fabaceae, sub familia Caesalpinioideae y sus nombres comunes en el Perú son tara, taya; guarango, cuica, serrano, tara en Colombia; vinillo, guarango en Ecuador; tara en Bolivia, Chile y Venezuela. La tara se distribuye entre los 4° y 32° S abarcando diversas zonas áridas, en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia hasta el norte de Chile. En forma natural se presenta en lugares semiáridos con un promedio de 230 a 500 mm de lluvia anual. También se le observa en cercos o linderos, como árbol de sombra para los animales, dentro de cultivos de secano, y como ornamental. En el Perú se distribuye en los departamentos de Amazonas, Ancash, Arequipa, Ayacucho, Apurímac, Cajamarca, Cuzco, Huánuco, Huancavelica, Ica, Junín, Lima, La Libertad, Madre de Dios, Moquegua, Piura y Tacna (Reynel *et al.* 2006).

2.1.1 Descripción botánica

Según Sagástegui *et al.* (1996), la taya es un árbol que alcanza de 8 a 10 m de alto, el fuste es más o menos cilíndrico y a veces tortuoso. En muchos casos las ramas se inician desde la base, dando la impresión de varios tallos. La copa de la taya es irregular, aparasolada y poco densa, con ramas ascendentes. Hojas: compuestas, bipinnadas en forma de pluma con 6 a 8 pares de foliolos opuestos. Flores: de color amarillo o

amarillento rojizo, dispuestas en racimos de 8 a 15 cm de largo y 100 flores cada una. Frutos: son vainas de color rojizo-amarillento. Semillas: son ovoides, ligeramente aplanadas, cuando maduras son duras, de color pardo - oscuro, brillosas y verdes presentan un mesocarpio comestible de consistencia blanda.

2.1.2 Clima

Para Mancero (2008), la taya es de clima sub cálido seco a templado, requiere de temperatura que varía entre los 12 °C a 18 °C y en los valles interandinos, la temperatura ideal es de 16 °C a 17 °C, con precipitación para su desarrollo óptimo de 400 a 600 mm de promedio anual.

2.1.3 Zonas de vida

De acuerdo a la clasificación de L. Holdridge, la taya se encuentra en las siguientes zonas de vida:

Zona de vida	Símbolo	Precipitación (mm)	Biotemperatura (°C)
Estepa espinosa – Montano Bajo Tropical	Ee – MBT	250 – 500	12 – 18
Bosque seco – Montano Bajo Tropical	Bs – MBT	500 – 700	12 – 18
Matorral desértico – Montano Bajo Tropical	Md – MBT	200 – 250	13 – 18
Monte espinoso – Pre Montano Tropical	Me – PT	350 – 500	18 – 20
Matorral desértico – Montano Tropical	Md – MT	200–250	18 – 21

Fuente: Holdridge (1970).

2.2 Dendrocronología

Dendrocronología proviene de dos voces griegas: dendros = árbol, cronos = tiempo y logos = conocimiento y que se centra en la identificación de cada uno de los anillos anuales y su asociación exacta e inequívoca a un año determinado.

Asimismo, los árboles son fieles testigos del pasado ambiental del lugar en el que han crecido, ya que registran en cada uno de los anillos anuales de crecimiento las incidencias vividas por el árbol a lo largo del año. La dendrocronología está limitada a determinadas especies arbóreas y arbustivas de fisiología leñosa que como ocurre en el caso de los bosques templados nos permiten sustentar la base metodológica (Iraolagoitia y Ruiz 2003).

Tomazello *et al.* (2009) indican que la dendrocronología es la ciencia que hace posible la detección y análisis de los anillos de crecimiento en la madera de los árboles y de piezas en la madera, incluyendo la aplicación de la información registrada en su estructura, para estudios ambientales e históricos. Es una herramienta importante para la reconstrucción del crecimiento de los árboles, con la aplicación inmediata en los planos de manejo forestal.

Grissino-Mayer (1996), sostiene que la dendrocronología consiste en el fechado de eventos pasados a través del estudio de los anillos de crecimiento. Las variables de los anillos de crecimiento, por ejemplo, proporción de madera temprana y tardía, pueden ser medidas y registradas como series en el tiempo. Aunque el patrón de crecimiento en los árboles puede estar afectado por factores exógenos y endógenos, la variabilidad climática

deja huellas distintivas en las serie de anillos de crecimiento de los árboles (Sander 1998 citado por Campos 2009).

Rodríguez (2009), indica que la dendrocronología basa su estudio en las secuencias de anillos generadas por el árbol durante su crecimiento. Se trata de un fenómeno complejo en el que intervienen factores internos (genéticos) y externos (clima, enfermedades, competencia, etc.), que se interrelacionan y producen una respuesta variable en cada árbol.

Según Miranda *et al.* (2007) los anillos de crecimiento de las plantas constituyen una fuente de información para diversas disciplinas científicas como biología, ecología, etc. Además, en climas templados crecen a razón de un anillo por año, lo que permite asociar árboles de la misma especie y establecer una cronología que puede remontarse hasta varias decenas o miles de años atrás. A partir de la dotación exacta de los árboles.

2.2.1 Principios de dendrocronología

a) De uniformidad

León (2001), citando a varios autores, manifiesta que este principio indica que los procesos físicos y biológicos que influyen el crecimiento de un árbol en la actualidad, también estuvieron presentes en el pasado. Este principio fue establecido por James Hutton 1875, quien lo indica de la siguiente manera “el presente es la clave del pasado”.

Sin embargo, los dendrocronólogos lo han ampliado al indicar que “el pasado es la clave del futuro”.

b) De los factores limitantes

Díaz (2003) sostiene que la tasa de crecimiento de una planta se encuentra condicionada por la variable ambiental primaria más limitante. Dicha variable ambiental o factor limitante frecuentemente actúa sobre otros factores no climáticos. Así tenemos por ejemplo, que en regiones áridas y semiáridas la precipitación es a menudo el factor más limitante para el crecimiento de plantas y, por tanto, para la formación de anillos. En estas regiones, el crecimiento del árbol no puede proceder más rápidamente que lo permitido por la cantidad de precipitación, haciendo que el ancho de los anillos y con ello el volumen de madera producido sea una función de la precipitación.

c) De la amplitud ecológica

Miranda *et al.* (1997) menciona que en este principio las especies pueden crecer, reproducirse y propagarse a través de un rango de hábitat que puede ser amplio estrecho o restringido. La importancia de este principio se manifiesta porque muchas de las especies útiles en estudio de dendrocronología, a menudo, se encuentran cerca de los límites de su rango natural de desarrollo.

d) Del lugar de selección

Villalba (2000), estableció que para estudios dendrocronológicos debe identificarse y seleccionarse aquellos lugares que produzcan series de anillo sensibles a los cambios

ambientales que están siendo examinados, a fin de maximizar dichas señales ambientales. Por ejemplo, aquellos árboles que son especialmente sensibles a condiciones de sequía pueden usualmente ser encontrados donde la lluvia es limitada, por ejemplo en afloramientos rocosos, o en la cima de las montañas. Por tanto, un investigador interesado en condiciones de sequía pasadas tomaría muestras intencionalmente en localidades donde el suministro de agua sea limitado. Los árboles que se desarrollan en diferentes suelos bien drenados, con buena acumulación de agua forma anillos homogéneos, en cambio suelo con poca profundidad poca retención son más sensibles a factores, como precipitación, desarrolla anillos estrechos.

e) De la datación cruzada o sincronización

Esta sincronización se basa en el planteamiento de Schulman (1956) y 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.

f) De replicación

Según Grissino (1996), en 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.

g) De sensibilidad

La observación de los anillos de crecimiento puede ser una guía de cómo los factores ambientales se pueden convertir en un factor limitante del proceso de crecimiento en diámetro y longitud del fuste. Mientras mayor sea la limitación al crecimiento ocasionada por factores ambientales, mayor será la variación del ancho de los anillos de crecimiento dentro de un mismo árbol. La variación del ancho de los anillos como consecuencia de la presencia de un factor limitante recibe el nombre de *sensibilidad*, mientras que la carencia de variación recibe el nombre de *complacencia* (Fritts 1996). Los árboles muestran anillos "sensibles" cuando su crecimiento es afectado por factores tales como pendiente, suelos pobres, poca humedad. La presencia de anillos "complacientes" se produce bajo la acción de condiciones climáticas constantes tales como la alta disponibilidad de agua, suelos fértiles o crecimiento en regiones protegidas. En otras palabras el crecimiento del árbol es descrito como "sensible" cuando existe un alto grado de variación anual, produciéndose una mezcla concéntrica de anillos anchos y estrechos a través del tiempo. Por otra parte, el crecimiento del árbol se considera "complaciente", cuando no exhibe un alto grado de variación anual, es decir, existe poca variación del ancho de los anillos de crecimiento a través del tiempo. En los estudios de dendrocronología se prefieren los patrones de crecimiento en donde exista sensibilidad ya

que el proceso de información transversal se facilita más mientras mayor sea la variación en el ancho de los anillos (Martínez 1996, citado por Campos 2009).

Finalmente León y Espinoza de Pernia (2001) y Tomazello *et al.* (2001) sostienen que además de los principios descritos utilizan un procedimiento de estandarización el cual, algunas veces es considerado como un principio. El ancho de los anillos de crecimiento puede variar no solo como consecuencia de cambios climáticos, sino que también se pueden producir variaciones como consecuencia de la edad del árbol, altura del tallo donde se toma la muestra, condiciones y productividad del sitio. En los estudios de variación del estudio del ancho de los anillos de crecimiento en relación a cambios climáticos, es conveniente estimar la tasa de cambios sistemáticos de anchos de anillos asociados con la edad, para así “removerlos” de las mediciones.

2.2.2 Aplicaciones de la dendrocronología

Para Grissino (1997), existe una serie de métodos para realizar investigaciones en dendrocronología cuyos parámetros mensurables útiles son el ancho de los anillos, la densidad de la madera. Dependiendo de los objetivos de las investigaciones existen una serie de aplicaciones como la dendroclimatología que es uno de las aplicaciones más utilizadas, la definen como el uso de los anillos de crecimiento para estudiar y reconstruir el clima de tiempos pasados

Así mismo Briffa (1997) afirma que en general la dendroclimatología se encarga de estudiar las relaciones que existen entre el clima y los parámetros de crecimiento de los árboles para hacer una reconstrucción de climas pasados. Mediante la comparación

estadística de la cronología obtenida a través de una serie de anillos con los datos climáticos modernos, se pueden desarrollar ecuaciones las cuales pueden ser utilizadas en conjunto con los datos proporcionados por los anillos de crecimiento para construir climas pasados.

Fritts (1996), menciona que los anillos de crecimiento tienen características que los hacen una fuente valiosa de diversas investigaciones. Entre estas tenemos el hecho que el ancho de los anillos puede ser medido fácilmente para una secuencia continua de años y estas medidas pueden ser calibradas con datos climáticos. Adicionalmente, a los anillos se les puede asignar el año exacto de su formación de manera tal que la información climática puede ser ubicada, de forma precisa, en el tiempo.

Según Kaennel y Schweingruber (1995), en este tipo de estudios se pueden establecer redes dendroclimatológicas, es decir, un conjunto de lugares de muestreo distribuidos uniformemente o no, en un área. El área puede ser una región pequeña, un continente o varios. En cada lugar de muestreo se lleva a cabo la colección de muestras para su análisis y reconstrucción climática.

2.2.3 Factores que influyen en la formación de anillos de crecimiento

a) Ambientales

Melo (2009), citando a varios autores, explica sobre los factores ambientales que ejercen influencia sobre la estructura anatómica, en la actividad cambial, en el proceso de diferenciación celular, expansión celular y crecimiento de las paredes celulares, como en

la formación de elementos secundarios. El resultado son anillos de crecimiento que poseen un número variable de células, de diferentes estructuras con paredes celulares de diversos espesores, y células conteniendo materiales secundarios variados (Hughes 1982; Schweingruber 1990; Stokes & Smiley 1996; Perkins y Swetnam 1996; Lomagno y Rozas 2001; Díaz *et al.* 2007 y Agrobayte 2008).

- **Precipitación**

Según en regiones con altas precipitaciones el ancho de anillos varia ligeramente, pero con una cantidad de leño tardío alto que varían considerablemente; mientras que en regiones con precipitaciones mínimas, la secuencia de anillos es extremadamente variable y el año indicador, de presencia de fenómenos es común, es fácil apreciar la reacción de los árboles a las variaciones de precipitación alta y fluctuante.

- **Temperatura**

En regiones con climas marcadamente diferenciadas, los veranos son muy calurosos y los inviernos muy fríos. Estos cambios climáticos quedan claramente registrados en los anillos de crecimiento. En aquellos climas cálidos donde las temperaturas son uniformes puede no marcar anillos bien diferenciados por lo que en este aspecto es necesario tomar otro tipo de factor limitante y usar otras técnicas de evaluación.

b) Composición genética

El crecimiento y la forma de un árbol están determinados por su composición genética. La estructura de la madera y la forma del anillado pueden variar debido a otros factores

de tipo genético ya que un árbol siempre mantiene las características distintivas propias de su especie.

c) Características del leño

La relativa proporción entre el leño inicial y tardío y las dimensiones transversales de madera tardía corresponden a las características principales que exhiben significativamente variaciones. Estas variaciones son regidas por factores que intervienen en su formación tales como el efecto debido simplemente a la edad, donde la proporción de leño tardío a lo largo de la sección transversal decrece con la altura. Es improbable que el efecto de la altura pueda ser exactamente determinado, porque este parámetro es extremadamente variable y difícil de medir, segundo, porque las muestras tomadas de un número de anillo constante, a diferentes alturas, representan cronologías diferentes.

d) Anomalías

Una complicación que a veces se presenta en el análisis de muestras es la ausencia de un anillo anual en la altura del árbol dónde fue tomada la muestra. Ello se debe a que el espesor de cada anillo no es uniforme ni en la circunferencia ni a lo largo de cualquier línea del tallo; y por consiguiente, el ancho relativo de los anillos en cualquier lugar en que se tome la muestra variará ligeramente (Schweingruber 1993 y Maberley 1990). Donde los anillos están ausentes, el ancho del anillo no es uniforme, el anillo no se forma a lo largo de toda la circunferencia debido un comportamiento cambial diferente en el tronco, latencia, por la ausencia de auxinas, precipitaciones ocasionales.

Otra complicación que se presenta en el análisis de muestras es la ocasional presencia de falsos anillos en muestra que está siendo estudiada. Algunas de las causas de anillos falsos son aparentemente genéticas debido a que la tendencia de producción es más pronunciada en algunas especies que en otras. Ocurrencias climáticas anormales, como una súbita sequedad en la estación, han sido sugeridas también como posibles causas; pero ello ha sido muy difícil de verificar. La sincronización de varios árboles en un lugar ha fracasado en su intento de demostrar que los anillos falsos tienden a formarse durante años con ciertas condiciones climáticas. Por otro lado, las influencias climáticas no pueden dejarse de considerar. En la actualidad, aún se continúan realizando estudios e investigaciones sobre la producción de anillos falsos y los causantes de su formación (Mabberley 1990, Génova *et al.* 1994).

2.2.4 La dendroclimatología

Los anillos de los árboles proveen series continuas, con un nivel de resolución anual, que normalmente se extienden por decenas de años o varios siglos en algunos casos. Las series de ancho de anillos pueden ser modeladas para reconstruir con gran precisión las variaciones anuales o estacionales de la temperatura y la precipitación. La ciencia paleoclimática encargada de realizar reconstrucciones climáticas mediante el uso de técnicas dendrocronológicas es conocida como dendroclimatología. La información de los anillos de crecimiento es comparada con eventos climáticos históricos o tratados estadísticamente con los datos meteorológicos reales existentes para realizar una regresión climática. (Stokes & Smiley 1996 citado por Miranda *et al.* 2007).

Génova (2003), asume que la dendroclimatología constituye una disciplina específica que permite extraer y seleccionar la información de carácter climático contenida en la variabilidad de los datos dendrocronológicos. Para ello se requiere que estos datos procedan de un conjunto amplio de ejemplares que contengan la mayor varianza común posible que se pueda relacionar con los datos climáticos.

Además requiere dos fuentes de información:

- a. Datos dendrocronológicos.** Procedentes de un conjunto amplio de ejemplares que maximice la varianza común de origen climático y minimice la individual.
- b. Datos climáticos.** Requerimientos de los registros meteorológicos:
 - Datos continuos durante, al menos, treinta años (los datos ausentes se completan mediante la utilización de técnicas de regresión y análisis de homogeneidad con otros registros próximos).
 - Representatividad (que la estación meteorológica se localice en la proximidad de las áreas de muestreo dendrocronológico)
 - El clima incide sobre el crecimiento provocando una respuesta que queda reflejada en el grosor de los anillos.

2.2.5 Aspectos de la anatomía de la madera útiles en la dendrocronología

Según Rodríguez y Fernández (2009), un árbol puede ser considerado como un elemento capaz de registrar los fenómenos que ocurren en el medio que lo rodea (aire y suelo) y que influye en las características de los anillos de la madera que genera, afectando su ritmo de crecimiento y producción de madera.

2.2.5.1 Estructura del anillado de los árboles

La sección del tallo de un árbol está constituida por anillos finos y anchos. Cada año se agrega un anillo debajo de la corteza. El espesor de cada anillo define el crecimiento radial del tallo en un determinado año. Este conjunto de anillos constituye el anillado y en el quedan registrados los cambios ambientales que influyen en dicho crecimiento.

El xilema secundario producido durante un periodo de crecimiento constituye una capa que en el corte transversal de un tallo se llama anillo de crecimiento. Si observa a simple vista tiene una parte clara, que es el leño o madera temprana, menos denso con, células de mayor diámetro y una parte oscura, que es el leño o madera tardía, sus células son pequeñas y de paredes más gruesas.

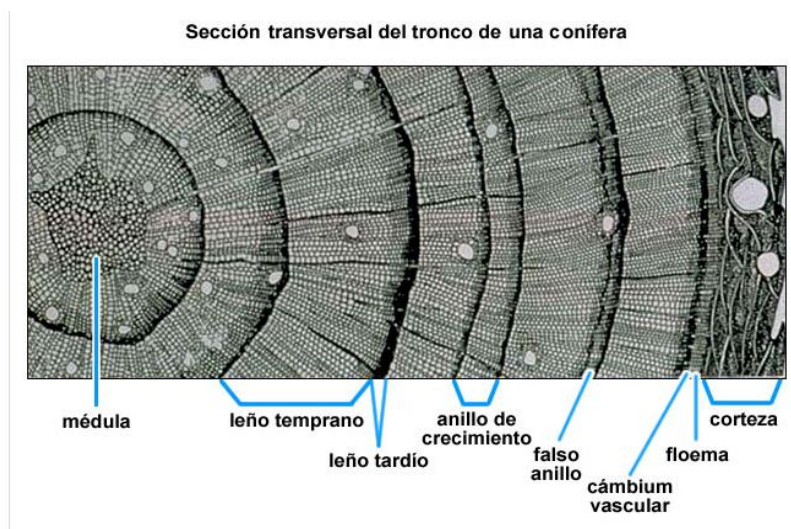


Fig. 1. Diagramas que muestran la estructura interna de los anillos de una conífera joven.
(OAA, Satellite and information services)

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.

2.2.5.2 Parámetros útiles del anillado para el estudio de la dendrocronología

Rodríguez y Fernández (2009), indican que, de la estructura del anillado de los árboles los parámetros mensurables útiles para ser aplicados en la dendrocronología son:

- **Anchura total de los anillos de crecimiento**

Medida de la anchura o espesor de un anillo anual de crecimiento medidos a lo largo de un radio. Esta medida se hace con la ayuda de un micrómetro y un microscopio.

2.2.6 Metodologías utilizadas en estudios dendrocronológicos

2.2.6.1 Fase de campo

2.2.6.1.1 Selección del lugar

Rodríguez y Fernández (2009), indican que hay que tener en cuenta las condiciones preliminares, las cuales se indica que dentro de los límites de ciertas regiones se pueden escoger lugares con árboles cuyo grado de respuesta a factores climáticos de interés sea el máximo, por ejemplo, para reconstruir precipitaciones las muestras deben ser tomadas de lugares secos es decir lugares donde la disponibilidad de agua sea un factor limitante.

a. Criterios básicos

- Donde los árboles crezcan en su límite de distribución climática.
- Donde los factores climáticos afecten considerablemente la relación anillo-árbol.

Para la selección del lugar es necesario lo siguiente:

- Información acerca de la distribución geográfica de los diferentes tipos de bosques y las especies predominantes en cada uno de ellos.
- Información de la antigüedad de las diferentes poblaciones presentes en cada bosque. Una clasificación por diámetro nos permite identificar aquello, partiendo de que la antigüedad de un individuo de una especie se refleja en su crecimiento radial.
- Referencias de lugares anteriormente visitados o que hayan sido objeto de estudios previos.
- Mapas de buena resolución de los lugares de interés para realizar las visitas de campo.

2.2.6.1.2 Colección de muestras en el campo

Existen básicamente dos diferentes métodos para coleccionar muestras para el análisis de los anillos: muestras de barreno y discos de la base del fuste. La colección de discos, es el arduo trabajo que demanda y las limitaciones de no estar en condiciones de elegir el árbol que uno desea para obtener la muestra; el tratamiento de las muestras para el análisis de los anillos (secado, lijado, pulido, etc.) puede ser bastante trabajoso, especialmente si se trata de discos grandes. Es muy importante asegurarse de marcar el número del árbol, el número de la muestra y la parte externa de la muestra. También se debe indicar a que altura del árbol se obtuvieron las muestras. Si el objetivo es obtener una estimación exacta de la edad, se debe obtener muestras, de la base del fuste, muy cerca a la superficie del suelo (Brienen y Zuidema 2003).

2.2.7 Fase de laboratorio

2.2.7.1 Preparación de la muestra

Las muestras de madera necesitan ser lijadas y pulidas para que los anillos sean más visibles. Es muy importante tomar especial atención al lijado de las muestras, para la determinación precisa de los límites de cada anillo. Para algunas especies, la aplicación de una capa ligera de barniz o sellador mejora la visibilidad de los límites de los anillos, pero en otras especies este mismo procedimiento los hace menos visibles. Se recomienda tratar siempre con pequeñas partes, para comprobar si este método puede o no ayudar a aumentar la visibilidad de los anillos. La aplicación de agua durante el marcado de los límites de los anillos también, puede mejorar la visibilidad (Brienen y Zuidema 2003).

2.2.7.2 Medidas de los anillos

Una vez que las muestras han sido pulidas, se puede iniciar la cuenta de los anillos y mediciones. Es muy importante medir los anillos en más de una dirección para poder obtener una buena estimación del crecimiento en diámetro, tomando los promedios de los diámetros obtenidos en diferentes direcciones. Para el caso de los discos obtenidos del tronco de los árboles, las direcciones deben ser elegidas de tal manera que el promedio de dos direcciones representen el promedio del radio del árbol (Brienen y Zuidema 2003).

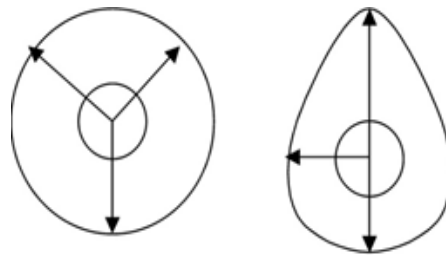


Fig. 2. Ejemplos de posibles formas de troncos y su respectiva evaluación. Direcciones (líneas) nos sugieren la forma recomendada para obtener muestras para análisis de curvas de crecimiento promedio. (Brienen y Zuidema 2003).

2.2.7.3 Técnicas de medición

Douglass en 1943 declara: “No existe proceso mecánico ni regla, ni fórmula o coeficiente de correlación que pueda remplazar la minuciosa comparación personal entre diferentes registros de anillos el investigador no se arriesga por buscar alivianar su responsabilidad”. Desde entonces no a cambiado. En la actualidad existen disponibles muchas ayudas para efectuar la sincronización sin embargo vemos que el juicio personal del dendrocronólogo juega un papel muy importante.

a. Marcas en el anillado

Como parte de medición, es usual marcar, normalmente con lápiz, las muestras de modo que sea fácil para otro dendrocronólogo rastrear que anillos han sido medidos. El conteo de los anillos se inicia desde el más reciente, que es aquel que esta inmediatamente debajo de la corteza, hasta la más antigua, que es aquel que rodea la medula. La forma de medición estándar es la siguiente:

- Una marca (punto) por cada 10 años.
- Dos marcas por cada 50 años.
- Tres maracas por cada 100 años.

Además se suelen utilizar señales para indicar la posición de los anillos ausentes, anillos falsos u otras anomalías.

b. Sustancias contrastantes

Cuando la madera temprana y la madera tardía de una determinada especie no son muy contrastadas y se hace difícil la distinción de anillos, puede recurrirse a algunas

sustancias que puedan contrastarlas para facilitar su distinción, medida y análisis, estas sustancias pueden ser safranina, alcohol, kerosén, acetona, tinner, aguarrás, etc.

c. Equipos de medición de ancho de anillos

Según sean necesarios los requerimientos del software que se utilice, en algunos casos será necesario un escáner de buena resolución, los cuales se enlazan electrónicamente a un computador.

d. Exactitud y precisión de la medición

Existen dos clases de precisión en las mediciones de anillos de los árboles. Primeramente, la validez de cada marca anual. Un error en un registro de un año invalida los resultados. Una de las mejores maneras de detectar la presencia de errores, es asegurándose que las muestras correspondientes a sitios diferentes hayan sido procesadas en forma independiente. De este modo la comparación de las diferentes cronologías de cada sitio es más objetiva.

En segundo, lugar la precisión referida a la medida en sí misma. Como cualquier sistema de medición existe el error inherente al equipo utilizado y el error humano. Los errores del equipo son, en general, debidos a su propio diseño. Se destaca la función del investigador, pues su criterio define, con ayuda de un microscopio u otro instrumento, el límite visual entre un anillo y otro, dando como resultado la medida del ancho.

e. Análisis macroscópico de crecimiento del anillo

El siguiente paso es determinar si la muestra en su conjunto es uniforme para hacer posible la sincronización con otras. Anillos dobles, ausentes o falsos y errores por descuido en la lectura o registro son normalmente detectados en esta etapa de análisis. De ahí la importancia de marcar cada muestra a fin de rastrear con facilidad dichos errores. Otros problemas dendrocronológicos particulares han de ser anotados detalle para tener una mejor referencia.

2.2.7.4 Medida del ancho de los anillos

Para la medición de ancho de anillos de crecimiento se usa un software específico (Cybis CooRecorder) diseñado para hacer un análisis de anillos de crecimiento a partir de imágenes escaneadas en buena resolución en formatos jpg, bmp. Mediante la ejecución de este software se graban los archivos y estos se guardan en la PC para su posterior procesamiento (Rodríguez y Fernández 2009).

CAPÍTULO III

DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.1 Definición operacional de las variables

Para operacionalizar las variables, se establecieron las normas y procedimientos que se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Variables	Indicadores	Índices
Número de anillos	Edad de los árboles	Medición con el software
Ancho de anillos	Precipitación	Medición con el pluviómetro
	Temperatura	Medición con termómetro

3.2 Diseño metodológico

3.2.1 Tipo de investigación

Tabla 2. Tipificación de la investigación según los criterios más importantes

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estratégica o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa
Objetivos (alcances)	Descriptiva y correlacional
Fuente de datos	Primaria (de datos primarios)
Control en el diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto donde se realizará	Campo
Intervención disciplinaria	Anatomía, dasometría.

Fuente: Vieytes (2004), Estrada (1994); Ruíz-Rosado (2006).

3.2.2 Unidad de análisis, población y muestra

a) Unidad de análisis

Árboles longevos provenientes de bosques naturales de taya en los caseríos El Cedro y Collambay.

b) Universo

Bosques naturales de taya en los caseríos de Collambay (ubicado en la Provincia de Cajamarca-Distrito de Matara) con un área de 2 ha y El Cedro (ubicado en la Provincia de San Marcos- Distrito Pedro Gálvez) con un área de 1ha El área de estudio es de una zona de vida Bosque seco – Montano Bajo Tropical.

c) Muestra

El número de individuos fueron 10, cortando 02 rodajas por árbol de máximo 7cm de espesor a diferentes alturas cercas a la base. Donde 04 árboles de taya son del caserío de El Cedro y 06 del caserío Collambay, se consideró que sean longevos, mayor producción de frutos, que estén en buenas condiciones de salud, sin daño por plaga o enfermedad para así evitar muestrear en zonas dañadas o de compresión-tensión, cambios abruptos, teniendo en cuenta la orientación de los cuatro puntos cardinales.

3.2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de los datos

En la siguiente tabla, se presentan los detalles sobre las fuentes de los datos, las técnicas y los instrumentos que se usarán para la recolección de los datos considerados para cada variable.

Tabla 3. Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos de cada variable.

Variables	Recolección de datos	Técnica	Instrumento
-----------	----------------------	---------	-------------

		Fuente		
Número de anillos	de Árboles y rodajas provenientes de bosques naturales de los caseríos de Collambay y El Cedro perteneciente a la Asociación de productores de taya	Formularios Observación directa Medición y cálculos		Motosierra, cinta métrica, clinómetro, sierra radial, higrómetro digital, cepilladora y lijadora orbital eléctrica, Equipo: GPS, reglas graduadas, plumón tinta indeleble, lápiz, lupas para el conteo y medición de anillos de crecimiento.
Ancho de anillos	de Estación meteorológica de la provincia de San Marcos y Matara	Registros meteorológicos		Pluviómetro, termómetro.

3.2.4 Ubicación del área de estudio

3.2.4.1 Aspectos físicos

Caserío El Cedro, se ubica en la provincia de San Marcos, en el distrito de Pedro Gálvez localizado a 64 km al sur de la ciudad de Cajamarca, y se encuentra a 2 251 msnm dentro de las coordenadas geográficas 7° 22' 30" latitud sur y 78° 06' 30" longitud oeste. Teniendo como temperatura media anual 18°C y precipitación media anual 737.5 mm. Se encuentran principalmente en la microcuenca de Shitamalca, dentro de la cuenca del Cascasén.

El caserío Collambay se ubica en la provincia de Cajamarca, en el distrito de Matara, localizado a 39 km al sur de la ciudad de Cajamarca, y se encuentra a 2 819 msnm dentro de las coordenadas 7° 15' 30" latitud sur y 78° 15'10" longitud oeste. Teniendo como temperatura media anual 13°C y precipitación media anual 1059.34 mm. La superficie presenta pendientes de 5% a 25%, su suelo es accidentado, ofrece una serie de cerros pequeños y lomas de poca altura, planicies y pampas más o menos extensas.

3.2.4.2 Características de la taya en la zona de estudio

Los árboles generalmente tienen una altura de 5 metros con un DAP comprendido entre 13 a 19.5 cm, fuste más o menos cilíndrico. Copa irregular, aparasolada y poco densa, con ramas ascendentes, con espinas de 2 a 7 mm, repartidas irregularmente. La corteza externa del tallo y ramas gruesas es áspera, la corteza interna es de consistencia suave, fibrosa, color marrón-amarillento que se vuelve pardo al contacto con el aire; de sabor amargo y astringente. Suelos franco-arenosos y pedregosos, con un pH ligeramente ácido a medianamente alcalino (6 a 7.5). No presentó problemas de plagas ni enfermedades; se aprovechó todo el fruto (vaina y semilla), la producción fue de 25 a 27.8 kg/planta.

3.2.4.3 Zona de vida

El estudio se encuentra en una zona de vida Bosque Seco - Montano Bajo Tropical (bs-MBT) es aquel que se localiza sobre la zona de vida Bosque Seco-Pre montano Tropical y por debajo de los 3 000 msnm. Caracterizada por presentar un clima sub húmedo y templado, con precipitaciones pluviales. El potencial de esta zona de vida se resume en los recursos edáficos, desarrollándose una agricultura de secano, limitada por precipitaciones relativamente mínimas. Bajo riego se cultiva maíz, trigo, papa, haba, arveja, hortalizas y algunos frutales.

3.2.4.4 Clima

Presenta un clima templado moderado lluvioso (Cw) donde el invierno es seco y la cantidad de lluvias, del mes más lluvioso, es diez veces mayor que el más seco.

En la zona de estudio el comportamiento climatológico está determinado por dos períodos bien marcados según SENAMHI, indican que existe una temporada lluviosa, de aproximadamente seis meses de duración (noviembre - abril) y una temporada de estiaje de otros seis meses de duración (mayo – octubre), lo que influye en el crecimiento de los árboles. El período de ausencia de lluvias se convierte en una limitante para el crecimiento de los árboles.

3.2.4.4.1 Precipitación y temperatura de la zona de estudio según SENAMHI

En la estación meteorológica instalada en C.O. San Marcos situado geográficamente en 07° 19' 21 "de latitud Sur, 78° 10' 21" de longitud oeste y 2190 msnm de altitud. Se registró una precipitación promedio anual de 737.47 mm, temperatura media anual de 18.02 °C por un período de observación de 40 años desde 1972 al 2012.

Y en la estación meteorológica instalada en C.O. Sondor Matara georeferenciada a 07° 14' 13 "de latitud Sur, 78°12' 45" de longitud oeste y 2775 msnm de altitud. Se registró una precipitación promedio anual de 1059.34 mm, y temperatura media anual de 13.52 °C por un período de observación de 18 años desde 1994 al 2012.

3.2.5 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos

3.2.5.1 Procedimiento de recolección de muestras en el campo

Primero se eligieron árboles longevos, mayor diámetro, libre de plagas y enfermedades, buena producción de frutos. Se procedió a medir la circunferencia de los árboles con una cinta métrica, luego en gabinete se calculó el diámetro, así también fueron georeferenciados utilizando un equipo GPS navegador. La fecha de recolección fue el 13 de setiembre del 2012.

A cada rodaja se le asignó un código de tres dígitos como se muestra en la tabla:

Código	Descripción
E-1-1	(E) Inicial del caserío- El Cedro, (1) árbol número 1 y (1) repetición de la muestra
E-1-2	(E) Inicial del caserío- El Cedro, (1) árbol número 1 y (2) repetición de la muestra
C-1-1	(C) Inicial del caserío- Collambay, (1) árbol número 1 y (1) repetición de la muestra
C-1-2	(C) Inicial del caserío- Collambay, (1) árbol número 1 y (2) repetición de la muestra

El muestreo se realizó por la técnica destructiva es decir cortando el árbol con la ayuda de una motosierra. La muestra se tomó cerca a la base del árbol en 10 árboles correspondientes cortándose dos rodajas por árbol de máximo 7cm de espesor, evitándose muestrear en zonas dañadas o de compresión-tensión, cambios abruptos, etc.

Los datos tomados en campo se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Árboles muestreados de taya.

Caserío	Árbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Frutos (kg/planta)	Altitud msnm	Coordenadas	
						Este	Norte
El Cedro	1	16	5	30	2320	814687	9187290
	2	13	6	24	2332	814699	9187295
	3	12	6	23	2333	814699	9187312
	4	11	5	23	2339	814699	9187299
Collambay	1	21	6	28	2291	806769	9189825
	2	19	6	32	2324	806967	9189841
	3	16	5	30	2317	806964	9189848
	4	24	5	25	2317	806960	9189848
	5	19	6	20	2316	807036	9189806
	6	18	5	32	2320	807042	9189768

3.2.5.1.1 Preparación de las muestras

Todas las rodajas de 7cm de espesor cada una, fueron llevadas a humedad de equilibrio para luego preparar su sección transversal, resaltando los anillos, para luego ser demarcados y cuantificados. Para cumplir con este propósito, primero se hace el fijado de la muestra en una base de madera, luego se procedió a cepillar cada muestra para eliminar las superficies irregulares dejadas por la sierra al cortarlo para después realizar el proceso de pulido.

El pulido se realizó con la ayuda de una lijadora orbital eléctrica. Para obtener un buen acabado se utilizó papeles abrasivos comúnmente conocidos como lijas de diferente grado de papel de lija los cuales a la vez se dividen en números, se trabaja siempre de más grueso a más fino donde cada grano más fino eliminará los arañazos del anterior. El pulido consistió en el alisado y abrillantado de la sección transversal de las rodajas, por acción del frotamiento con papeles abrasivos, hasta que los anillos se hagan claramente visibles, y así evitar errores en la lectura de anillos de crecimiento.

El orden de uso de papel abrasivo fue de diferentes grados consecutivamente según se enumera considerando los números 40, 60, 80, 100, 120, 150, 180, 220, 280, 320, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000. Con la lija de mayor grano se desaparecieron las irregularidades que dejó el cepillo en la muestra y consecuentemente con las lijas de menor grano mayor número se desaparecieron las rayas y asperezas que dejaron las lijas de granos anteriores, hasta que quedó una superficie lisa, y se notó con claridad los anillos de crecimiento.

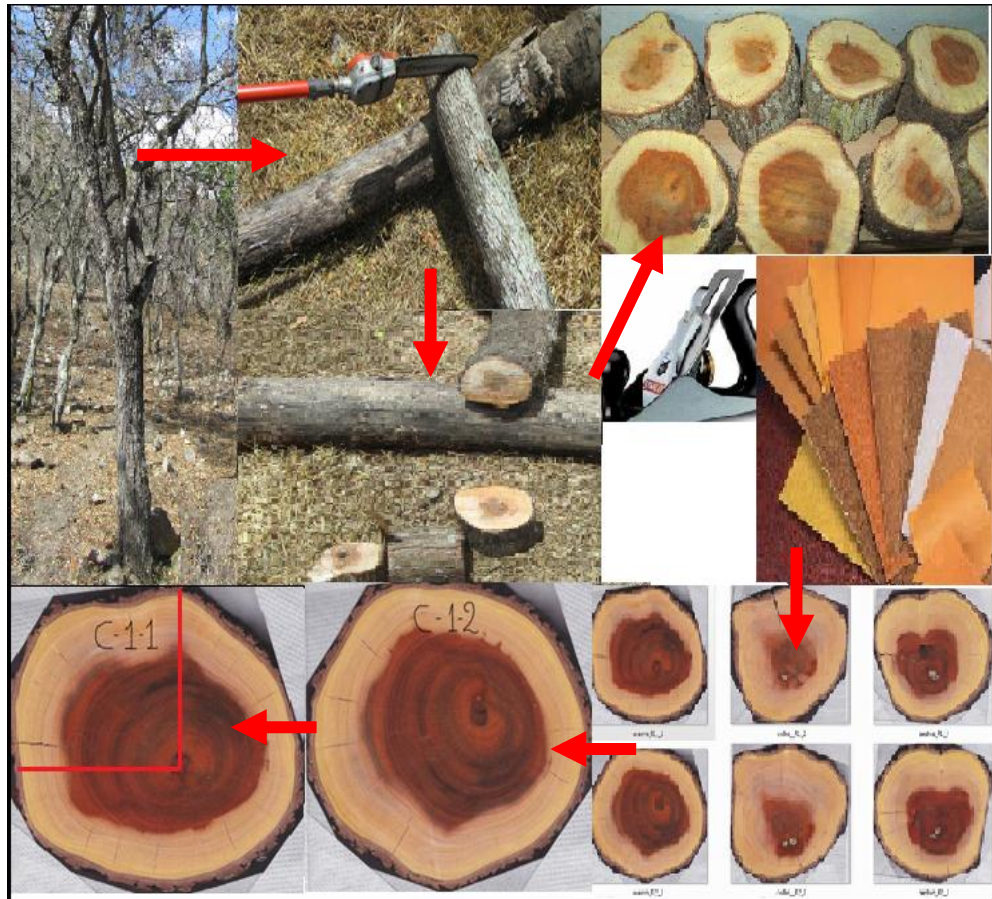


Fig. 3. Procesamiento de los árboles de taya en campo.

3.2.5.2 Procedimiento de preparación de la muestra en laboratorio

3.2.5.2.1 Acondicionamiento de las muestras

Una vez pulidas las secciones transversales de cada una de las rodajas deben ser secadas para ello se transfirió a un lugar donde obtengan un contenido de humedad de equilibrio al 12% para lo cual paso 3 meses para obtener este resultado, con la ayuda de un higrómetro digital se midió el contenido de humedad, el cual consta de dos agujas de sensor que son penetrados por lo menos 2mm de profundidad para mayor precisión en la rodaja, los datos son arrojados en una pantalla.

3.2.5.2.2 Medición de los anillos

En las rodajas fueron elegidas las direcciones de tal manera que el promedio de dos direcciones representa el promedio del radio del árbol. Para cada anillo se asignó un año calendario, comenzando la cuenta regresiva desde el último anillo (que es formado en el año en el que se corta la muestra que fue en el año 2012). Cada década fue marcada con un punto.

La detección y marcado de los anillos o de los límites de los anillos pudo realizarse mediante observación visual, utilizando una lupa con una capacidad de amplificación de 20x a 40x. También con software especializado denominado CooRecorder 7.6 , donde las rodajas fueron escaneadas con una resolución de 1200 DPI, luego vamos a la barra de menú **File** luego en **Open image file for new coordinates** y abrimos la imagen de la rodaja que vamos a trabajar, con la ayuda de la herramienta **help line** trazamos una línea desde la médula hasta la corteza para luego comenzar a marcar donde hay anillos con la ayuda de **Data picking mode (D)** se comienza a marcar desde afuera hacia dentro es decir desde la corteza hacia la médula. Para poder visualizar mejor la imagen usamos el **Zoom in**, **Zoom out**, **Hand Tool** que sirven para alejar, acercar o mover la imagen. Las mediciones se graban en forma de gráficos con la extensión pos, luego vamos al icono de **CDendro** donde nos muestra qué edad tiene esta sección transversal; estos archivos se guardan en la PC para su posterior procesamiento.

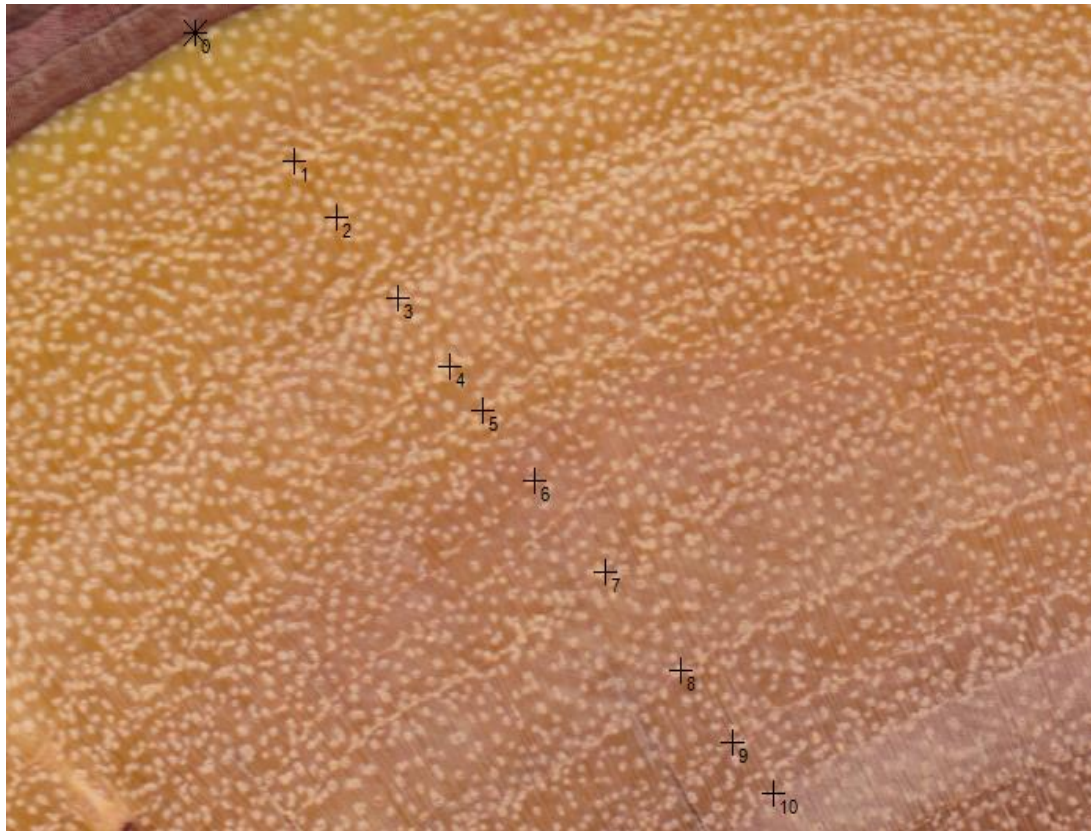


Fig. 4. Vista de los anillos de crecimiento de *C. spinosa* en el programa Coorecorder 7.6.

3.2.5.2.3 Medición del ancho de los anillos

Una vez resaltados los anillos de crecimiento mediante el lijado anterior se procedió a marcar radios en forma opuesta Norte-Sur o Este-Oeste con la finalidad de establecer los radios en los cuales se identificaron, demarcaron (con lápiz), midieron y contaron los anillos. En el software Coorecorder 7.6 hay un icono CDentro que arroja la medida del ancho de anillo en mm y se expresa en un gráfico donde la línea roja conjuntamente con la línea verde muestra como varia el tamaño de cada anillo de crecimiento, está marcando cada anillo por cada 10 años.

Para el análisis de datos se hizo la interpretación y determinación de resultados en

cuadros, gráficos estadísticos como barra de columnas, lineal y finalmente la determinación de las conclusiones, la información presentada fue dispuesta en un informe final.

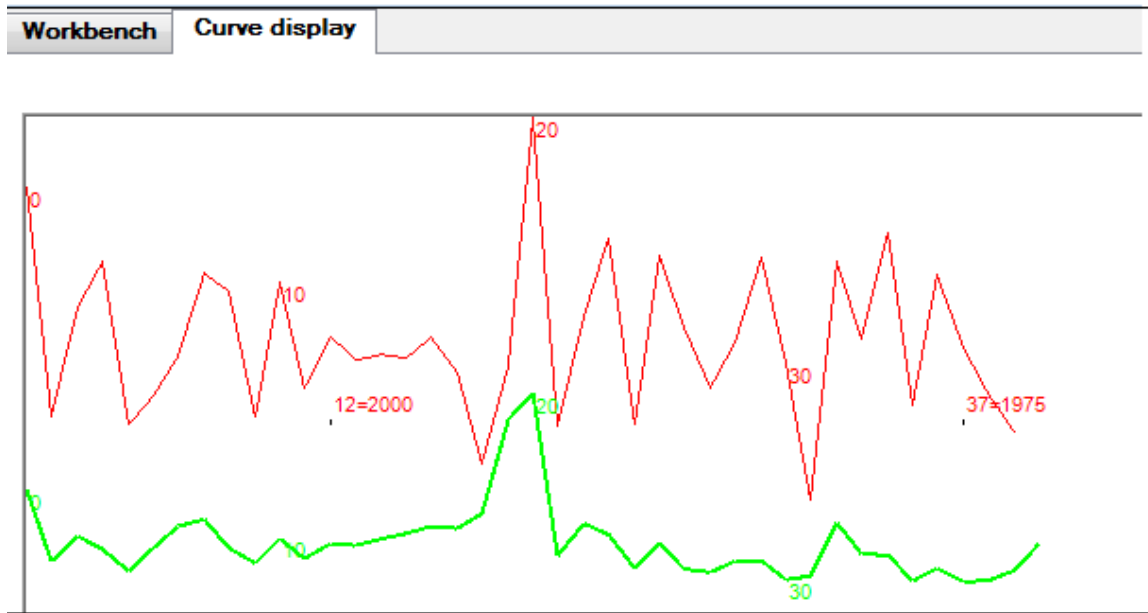


Fig. 5. Gráfico del ancho de los anillos de crecimiento del árbol 1 del caserío El Cedro

3.2.5.3 Metodología para correlacionar los anillos de crecimiento con la precipitación y temperatura.

3.2.5.3.1 Correlación de los anillos de crecimiento con la precipitación y temperatura

La correlación entre los anillos de crecimiento con los datos de la precipitación y temperatura, se realizó a través del programa informático Excel.

La reconstrucción se realizó una vez obtenida la curva de crecimiento de los árboles, se busca la relación numérica entre la curva de crecimiento y los registros meteorológicos de los últimos años.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis dendrocronológico de la taya

4.1.1 Determinación de la edad de los árboles

Para la determinación de la edad del árbol se hizo con el software CooRecorder 7.6 a través del conteo de anillos de crecimiento en las secciones transversales de cada una de las rodajas desde la corteza hasta la médula, de donde se obtuvo la edad del árbol, tal como se aprecia en la tabla 5, se realizó un cruzamiento de testigos para determinar la coincidencia de los anillos y después descartar anillos falsos.

Tabla 5. Número de anillos de crecimiento y edad aproximada de 10 árboles de taya en estudio.

Caserío	Árbol	Nº de anillos	Ancho de anillos promedio (mm)	Edad	Año de nacimiento aproximado
El Cedro	1	40	2.4	40	1972
	2	35	1.9	35	1977
	3	32	2.3	32	1980
	4	32	1.8	32	1980
Collambay	1	64	1.9	64	1948
	2	56	1.6	56	1956
	3	50	1.6	50	1962
	4	84	2.1	84	1928
	5	70	1.9	70	1942
	6	55	1.7	55	1957

La taya es de clima sub cálido seco a templado, por lo cual permitió determinar los anillos de crecimiento que representa el incremento anual de los árboles, cada año representado por un anillo en el tronco, razón por lo cual son llamados anillos anuales. Su conteo permitió determinar la edad de cada individuo.

La formación de los anillos de crecimiento en los árboles analizados es causada por la cesación del crecimiento durante la época seca que ocurre aproximadamente durante 6 meses al año. Durante la época seca el crecimiento de los árboles es limitado por la carencia de agua resultando en la formación de anillos anuales, las especies fueron sensibles a la cantidad de precipitación al inicio de la época de lluvia. Por consiguiente, su crecimiento en diámetro fue más alto (anillos más anchos) cuando esos meses fueron relativamente húmedos, y su crecimiento en diámetro fue más bajo cuando esos meses fueron relativamente secos, comparado con otros años. Varios autores sustentan este hecho (Botosso y Pova 2002, Tomazello y Vetter 2000).

La variación en el número de anillos de crecimiento está influenciada por la edad de los árboles y por las condiciones ambientales, principalmente la pendiente, las características del terreno, la precipitación y la reducción de la humedad del suelo como factor limitante, que marca la formación de un anillo por año. Esto es apreciable en el incremento anual de los anillos de crecimiento.

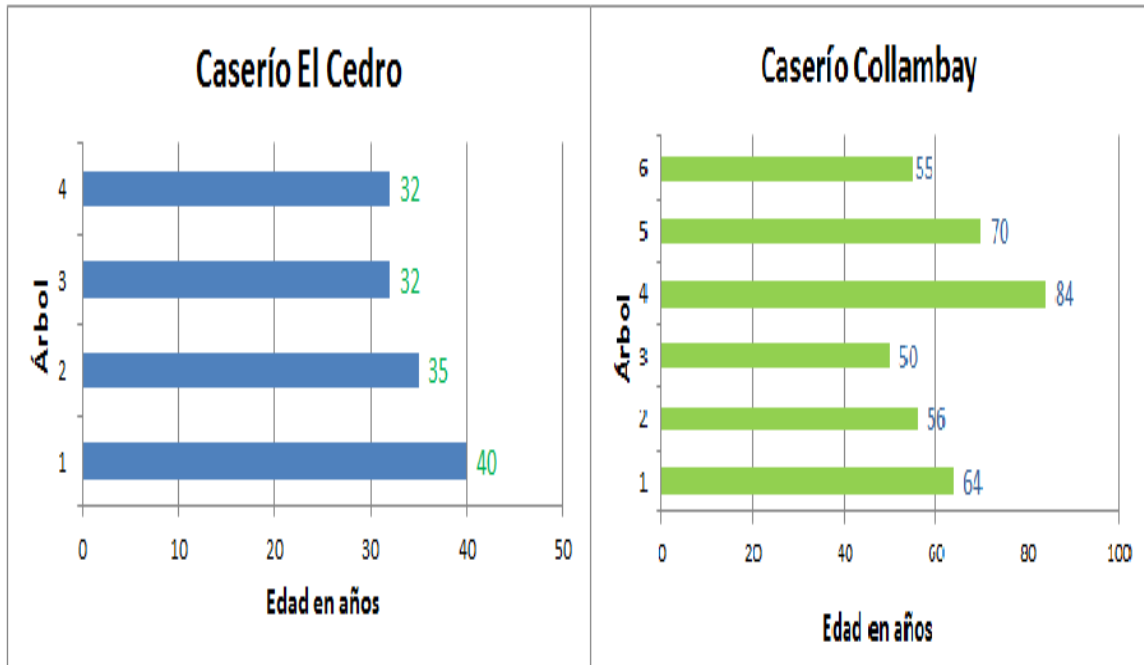


Fig. 6. Edades de los árboles muestreados en los caseríos El Cedro y Collambay.

Se estimó la edad de los 10 árboles analizados de taya, mediante el conteo de los anillos de crecimiento en la sección transversal de las rodajas, lo que indica que esta especie crece al ritmo de un anillo por año. El número de anillos registrados en los árboles del caserío El Cedro se estima entre 32 y 40 anillos de crecimiento; por lo tanto, los árboles muestreados están entre 32 y 40 años, edad mínima y máxima.

En el caserío Collambay se estima entre 50 y 84 anillos de crecimiento; por lo tanto, los árboles muestreados están entre 50 y 84 años, edad mínima y máxima.

En la figura 6, se observó que en el caserío El Cedro los árboles con menor edad fueron 3 y 4 que presentaron 32 anillos, correspondiendo a 32 años de edad y el de mayor edad fue el árbol 1, que presentó 40 anillos, correspondiendo a 40 años de edad. Así como en el

caserío Collambay el árbol con menor edad fue 3 que presentó 50 anillos correspondiendo 50 años de edad y el de mayor edad fue el árbol 4, que presentó 84 anillos, correspondiendo 84 años de edad.

El número de anillos registrados en los árboles del caserío El Cedro tienen una edad de 32 a 40 años y en el caserío Collambay de 50 a 84 años. Campos (2009), en su estudio dendrocronológico de *Cedrelinga catenaeformis* (tornillo) realizado en Iquitos, en una plantación de 33 años; el número de anillos coincide con la edad de la plantación mediante el análisis de crecimiento lo que deja constancia que el número de anillos corresponde a la edad. Melo (2009), comprobó este hecho en un estudio realizado en *Pinus radita* (pino) en las plantaciones de Granja Porcón, donde la edad determinada fue de 15 a 28 años, edades que han sido comprobados con los registros de fecha en que se hicieron las plantaciones.

En bosques naturales el promedio de vida de un árbol es de 65 años en cuanto a cosecha y rendimiento en terreno al secano, además cuando la planta se le corta joven y desde la base, rebrota; lo que no ocurre cuando vieja por lo cual se debería renovar estas plantas.

Los anillos de crecimiento fueron fáciles de identificar en las rodajas porque se mostró con claridad el leño tardío (otoño-invierno) y leño temprano (primavera-verano). El leño tardío es color amarillo oscuro en la albura y en el duramen marrón oscuro; en el leño temprano de color amarillo en la albura y marrón claro en el duramen, presentó una apariencia más clara debido a que las plantas reinician su actividad vital con toda

intensidad luego de un período de dormancia.

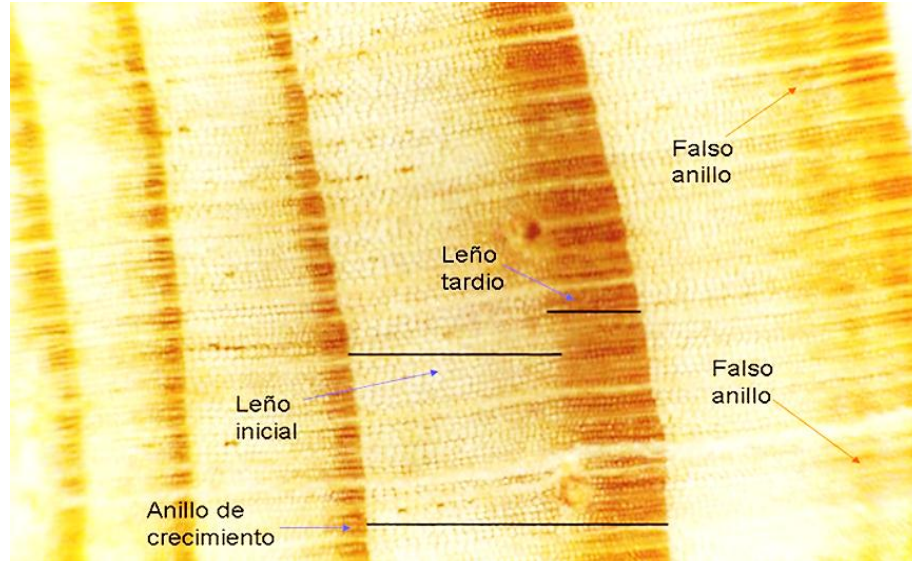


Figura 7. Corte transversal de *C. spinosa* visto en estereoscopio, 25x.

No siempre los periodos de humedad y estiaje que se manifiestan en tiempos iguales (6 meses de verano y 6 meses de lluvia) durante un año van a producir madera temprana y madera tardía de la misma extensión, siempre se expresará la madera temprana más ancha.

En el análisis de los anillos de crecimiento hubo la presencia de anillos falsos en donde se apreció que si el espesor de cada anillo no es uniforme alrededor de toda la circunferencia en la rodaja en cualquier lugar en que se tome, por consiguiente, se concluye que se trata de un anillo falso.

4.1.2 Relación edad y diámetro

Para determinar la relación edad – diámetro, se calculó a partir de la circunferencia el diámetro de cada uno de los árboles, siendo el diámetro mínimo en el caserío El Cedro de

11cm y 16 cm el diámetro máximo. Caserío Collambay diámetro mínimo con 16cm y 24cm diámetro máximo. Estos resultados permitieron relacionar la edad versus el diámetro de los árboles.

Tabla 6. Diámetros medidos de los árboles del caserío El Cedro y Collambay

Caserío	Árbol	Edad (años)	Diámetro (cm)
El Cedro	1	40	16
	2	35	13
	3	32	12
	4	32	11
Collambay	1	64	21
	2	56	19
	3	50	16
	4	84	24
	5	70	19
	6	55	18

Esto demuestra que no necesariamente a cada edad le corresponde un diámetro fijo, por lo que es difícil inferir la edad de los árboles conociendo su diámetro respectivo. Si fuese así, los análisis de los anillos de crecimiento sería una información suficiente como para facilitar los trabajos en campo como en actividades silviculturales, al acotar los conocimientos anuales de cada especie.

Situación que nos lleva a determinar, que la edad no siempre influye en el crecimiento en diámetro en estos árboles como se observa en la tabla 6, ya que existe una serie de factores ambientales (precipitación y temperatura) y antrópicos que propician diferentes respuestas en el crecimiento, tal es el caso de la densidad de árboles, senectud y/o a la extracción selectiva que ha propiciado la liberación de la competencia por luz y otros factores influyentes.

4.1.3 Relación entre el ancho de anillos con la precipitación y temperatura en los caseríos.

El ancho de los anillos de crecimiento está dado en mm. La curva de crecimiento radial se comparó con la curva de la precipitación y temperatura del período 1972-2012 en el Caserío El Cedro y de 1994-2012 en Collambay.

En la Figura 8 se registró mayor ancho de los anillos de crecimiento en el caserío El Cedro influenciado por la precipitación en los años 1993 (2.64mm), y 2006 (2.91mm), donde la precipitación fue de 909.4mm y 969.2mm.

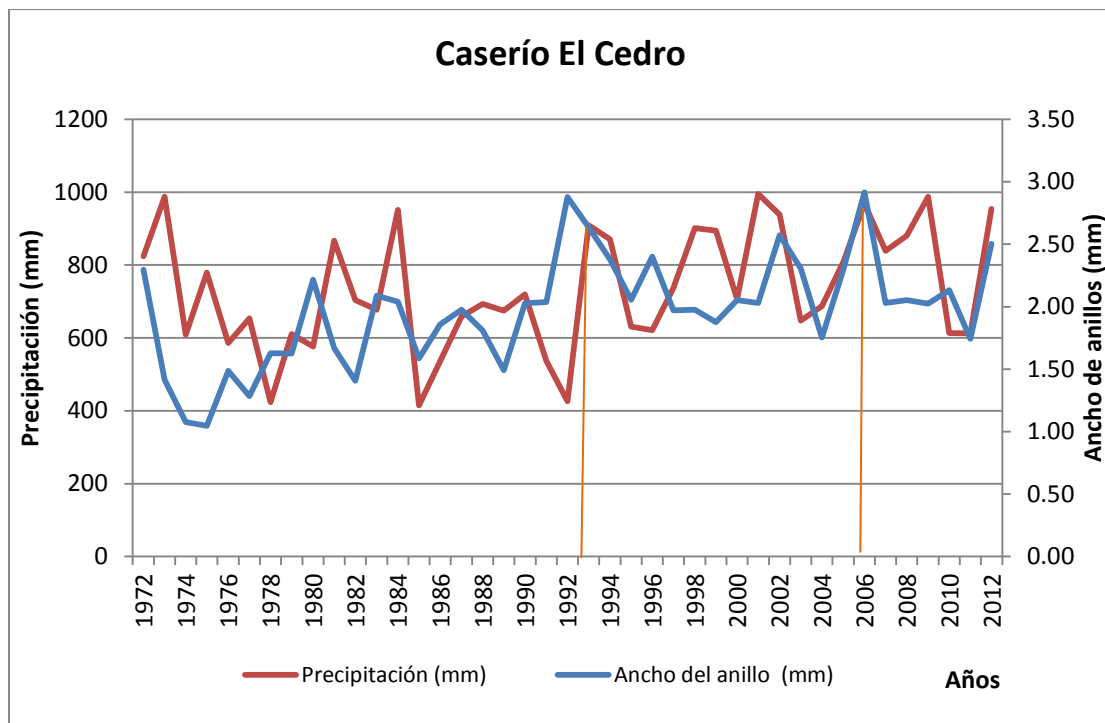


Figura 8. Dendrocronología de ancho de anillos de crecimiento vs la precipitación

En el Caserío Collambay el ancho de los anillos de crecimiento fue mayor en los años 1938 (4.06 mm) y 1940 (4.96 mm), no se tiene datos de precipitación de estos años para correlacionarlo, pero sirvió para estimar que hubo mayor precipitación en esos años por

el aumento de lluvias en la zona.

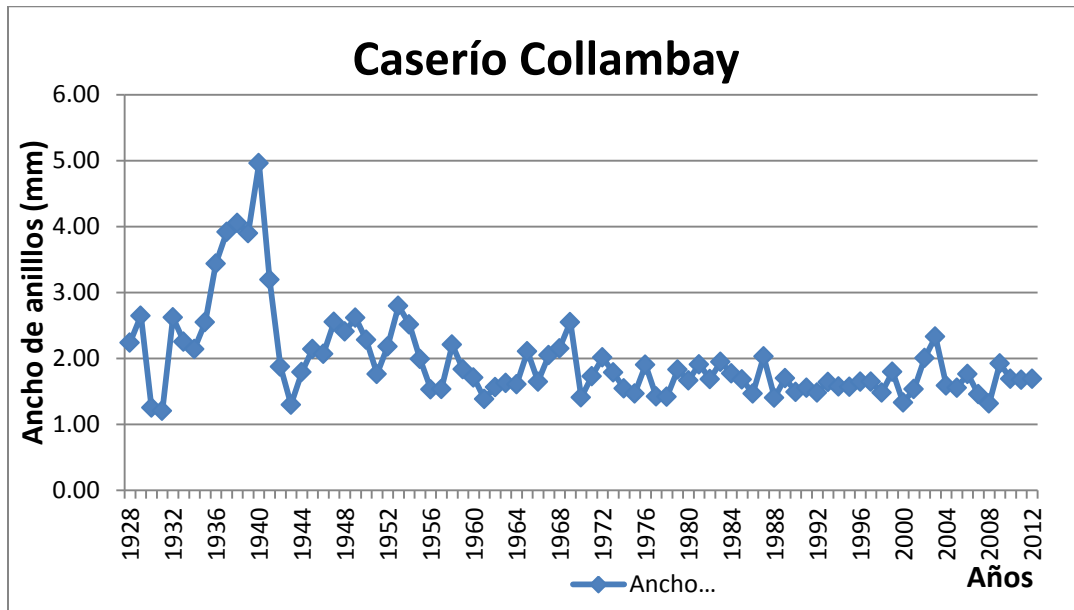


Figura 9. Dendrocronología total del ancho de anillos.

Se determinó que la taya está influenciada, mayormente por la variación de precipitación durante la temporada lluviosa de noviembre a abril en el Caserío El Cedro, en los años 1993 y 2006, donde causaron un marcado aumento de crecimiento del ancho de anillos. Esto se demuestra también a través de los estudios que se han hecho sobre ecofisiología en árboles de *Cedrela odorata* (cedro) y *Swietenia macrophylla* (caoba), (Dunisch 2003), donde se demuestran que las especies estudiadas corresponde sensiblemente a condiciones locales como humedad y nutrientes, lo que implicaron una influencia en el ancho de los anillos de crecimiento comparado con otros sitios.

Así mismo Sntaxi (2010); comprobó este hecho en un estudio realizado en un bosque seco utilizando la especie *Guazuma ulmifolia* (guasmo) en Guayaquil-Ecuador donde al analizar y relacionar los anillos de crecimiento con la precipitación y temperatura, la que mayor relación dependiente con el crecimiento fue la precipitación.

La temperatura también influye, en el caserío El Cedro se registró temperatura máxima de 18.8 °C en el año 1992 en ese mismo año el crecimiento fue mayor en el ancho de los anillos de crecimiento de 2.88 mm. Caserío Collambay se registró temperatura máxima de 13.8 °C en el año 2003 en ese mismo año el crecimiento fue mayor en el ancho de los anillos de crecimiento de 2.33 mm (Figura 10).

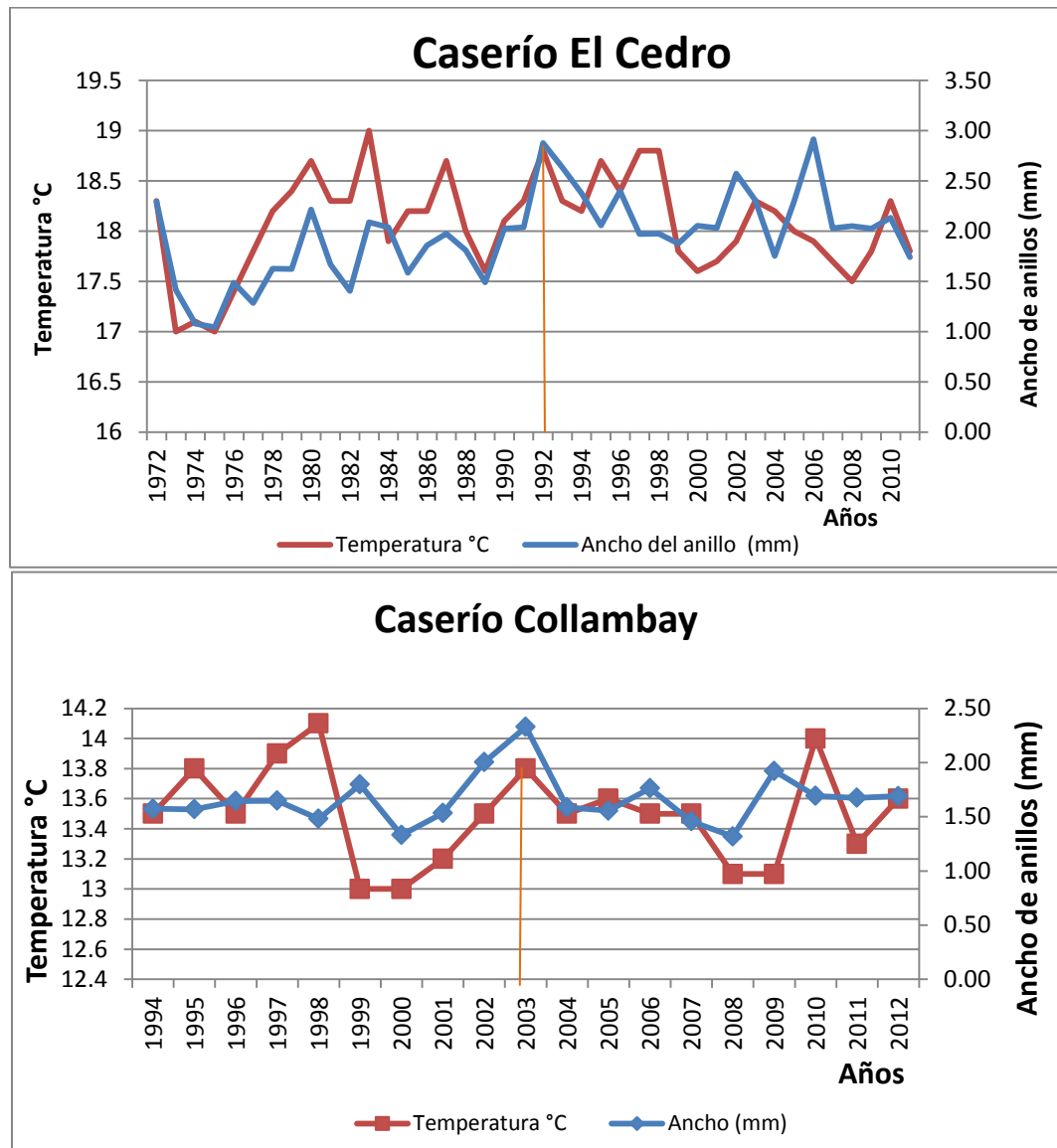


Figura 10. Ancho de anillos en relación con la temperatura en la etapa de crecimiento.

El estudio se encontró en una zona de vida Bosque Seco - Montano Bajo Tropical (bs-MBT) donde los anillos de crecimiento se observaron con claridad a pesar que la teoría menciona que en zonas tropicales o sub tropicales los anillos de crecimiento son indistintos o poco evidentes (Botosso y Pova 2002).

El estudio dendrocronológico de la especie evaluada puede servir para el conocimiento de los eventos climáticos ocurridos en el pasado en una zona determinada mediante una correlación entre las cronologías obtenidas y los datos de precipitación y temperatura. Se demostró que existe una estrecha relación entre la precipitación, temperatura y el crecimiento en diámetro de los árboles, ya que influye en el ancho de los anillos de acuerdo a la respuesta de menor actividad cambial.

Este estudio será útil para realizar planes de manejo forestal en la taya conociendo que en bosques naturales el promedio de vida de un árbol es de 65 años en cuanto a cosecha y rendimiento en terreno al seco, además cuando la planta se le corta joven y desde la base, rebrota; lo que no ocurre cuando vieja por lo cual se debería renovar estas plantas porque su producción de frutos ha disminuido siendo este su principal objetivo

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los árboles de *Caesalpinia spinosa* en los dos bosques naturales pertenecientes a la provincia de San Marcos y distrito de Matara presentaron entre 40 y 84 anillos de crecimiento, lo que indica que las edades aproximadas de los árboles fluctúan entre 40 y 84 años.
- Los árboles de taya no mostraron relación directa entre el crecimiento en diámetro del tronco y el número de anillos, ya que a diámetros iguales correspondió series de anillos diferentes.
- Los árboles de taya presentaron una respuesta común en el crecimiento en diámetro del tronco a la precipitación pluviométrica y la temperatura

5.2 Recomendaciones

- Hacer estudios de dendrocronología en la misma especie y replicar en otras especies más longevas en la región Cajamarca para conocer su potencial dendrocronológico.
- Impulsar la dendrocronología para realizar reconstrucciones climáticas, para contribuir a desarrollar modelos de predicción de clima para uso meteorológico en lugares donde no hay estaciones meteorológicas.
- La influencia de la precipitación media en el crecimiento de los árboles de taya evidencio ser un factor limitante que condiciona la formación del anillo de crecimiento, es necesario realizar más estudios ecofisiológicos, para poder explicar mejor, los resultados obtenidos en ambos sitios, debido a que existe una serie de factores locales, que influyen en el crecimiento de los árboles que hace necesario entenderlos.
- Realizar estudios similares pero en plantaciones de taya.
- Realizar estudios de concentración de taninos en la madera, porque se pudo observar en las rodajas diferenciación de colores entre albura y duramen.

LISTA DE REFERENCIAS

Briffa, K. 1997. Trees and indicators of climatechange. Disponible en <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/annrep94/trees>.

Brienen, R y Zuidema, P. 2003. Anillos de crecimiento de árboles maderables en Bolivia: su potencial para el manejo de bosques y una guía metodológica. PROMAB / IGEMA. Informe Técnico N° 7, Riberalta, Bolivia.33 p.

Campos, LE. 2009. Dendrocronología en árboles de tornillo, *Cedrelinga catenaeformis* (Fabaceae), del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera en el Noreste de la Amazonia, Región Loreto. Tesis Mag. Sc. Lima. UNALM.126 p.

Córdoba, E. 2003. Reconstrucción climática a partir del anillado de los árboles de la costa norte del Perú. Tesis Mag. Sc. Piura. UDEP.98 p.

Diccionario multilingüe de términos dendrocronológicos. (en línea). Consultado 20 jul. 2011. Disponible en: <http://www01.wsl.ch/glossary>

Díaz-Vaz, J. 2003. Anatomía de maderas. Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Forestales - Chile. 149 p.

Dunisch, O; Montoya, V; Bauch, J. 2003. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* king and *Cedrela odorata* (Meliaceae) in the central Amazon. *Trees-Structure and Function* 17:244-250.

Fritts, H. 1996. Some Principles of dendrochronology illustrated with graphics. Disponible en <http://www.ltrr.arizona.edu/people/Hal/princ.htm>.

García Esteban, L; Guindeo Casasús, A; Peraza Oramas, C; Palacios de Palacios, P. 2003. La madera y su anatomía. Madrid 16-100.

Génova, M. 2003. Los anillos de crecimiento como indicadores climáticos. Guadalajara México. 320 p.

Grissino, H. 1996. Ultimate tree ring (en línea). Consultado 05 may.2011. Disponible en: <http://www.web.utk.edu/~grissno/>.

_____.1997. Principles of dendrochronology. Disponible en <http://www.ltrr.arizona.edu/people/henri/princip.htm>.

Iraolagoitia I. y Ruiz Urrestarazu, E. 2003. Dendroclimatología: el árbol como testigo del pasado climático. Euskonews& Media. (en línea). Consultado 28 may. 2011. Disponible en: <http://www.eusko-ikaskuntza.org:80/cgiBanner/banner.cgi?datos=metereologia>

Kaennel, M; Schweingruber, F. 1995. Multilingual glossary of dendrochronology. Terms and definitions in English, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP, Birmensdorf.

León, W; Espinoza de Pernía, N. 2001. Anatomía de la madera. Universidad de los Andes. Consejo de Publicaciones. Mérida – Venezuela. 397 p.

Mancero, L. 2008. La tara (*Caesalpinia spinosa*) en Perú, Bolivia y Ecuador. Análisis de la cadena productiva en la Región. Programa Regional ECOBOBA-INTERCOOPERATION. Quito-Ecuador.

Martínez, L. 1996. A guide to dendrochronology for educators. (En línea). Consultado 15 jun. 2011. Disponible en:

<http://www.ltrr.arizona.edu/people/henry/lorim/lori.htm>.

Melo, V. 2009. Dendrocronología de la especie *Pinus radiata* de plantaciones de la Granja Porcón Cajamarca. Tesis Mag. Sc. Lima. UNALM. 85p.

Miranda Avilés, R, Puy Alquiza, MJ, Martínez Reyes, JJ. 2007. El árbol Fuente de Información en la Ciencia de la Tierra. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla – México. 14 (067) 41 – 43.

OAA, Satellite and information services.(en línea). Consultado 10 jul. 2011. Dispuesto en:

http://1.bp.blogspot.com/_GnnPXDEFV-

4c/SRsx9CrX3QiI/AAAAAAAAAHhE/VBOGOLihqts/s1600-h/estructut_nueva.jpg

Reynel, C; Pennington, RT; Peña, J; Daza, A. 2006. Árboles útiles del ande peruano. Una guía de identificación, ecología y propagación de las especies de la sierra y los bosques montanos del Perú. Lima. 472p.

Rodríguez, R; y Fernández, R. 2009. Dendrocronología básica. Piura- Perú. 68p.

Rodríguez, R; Woodman, R; Balsley, B. 1993. Avances sobre estudios dendrocronológicos en la región costera norte del Perú para obtener un registro pasado del fenómeno del niño. En Bull.Inst. frn.étudesandines 22(1): 267-281.

Sagástegui, A; Lezama, P; Sánchez, E. 1996. Plantas promisorias: La tara o taya. Arnaldoa. Vol. 4(1). 57-65.

Stokes, MA; Smiley, TL. 1996. An introduction to Tree – Ring Dating. University of Arizona Press – Tucson.95 p.

Tomazello, M.; Roig, FA; Zevallos P, PA. 2009. Dendrocronología y dendroecología tropical: Marco histórico y experiencias exitosas en los países de América Latina. Ecología en Bolivia, 44 (2):73-82.

Tomazello, M; Botosso, P; Lisi, C. 2001. Análise e aplicacao dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. En: Maia, NB; Martos, HL; Barrella, W. (Org). Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC, COMPED, INEP. 117- 143.

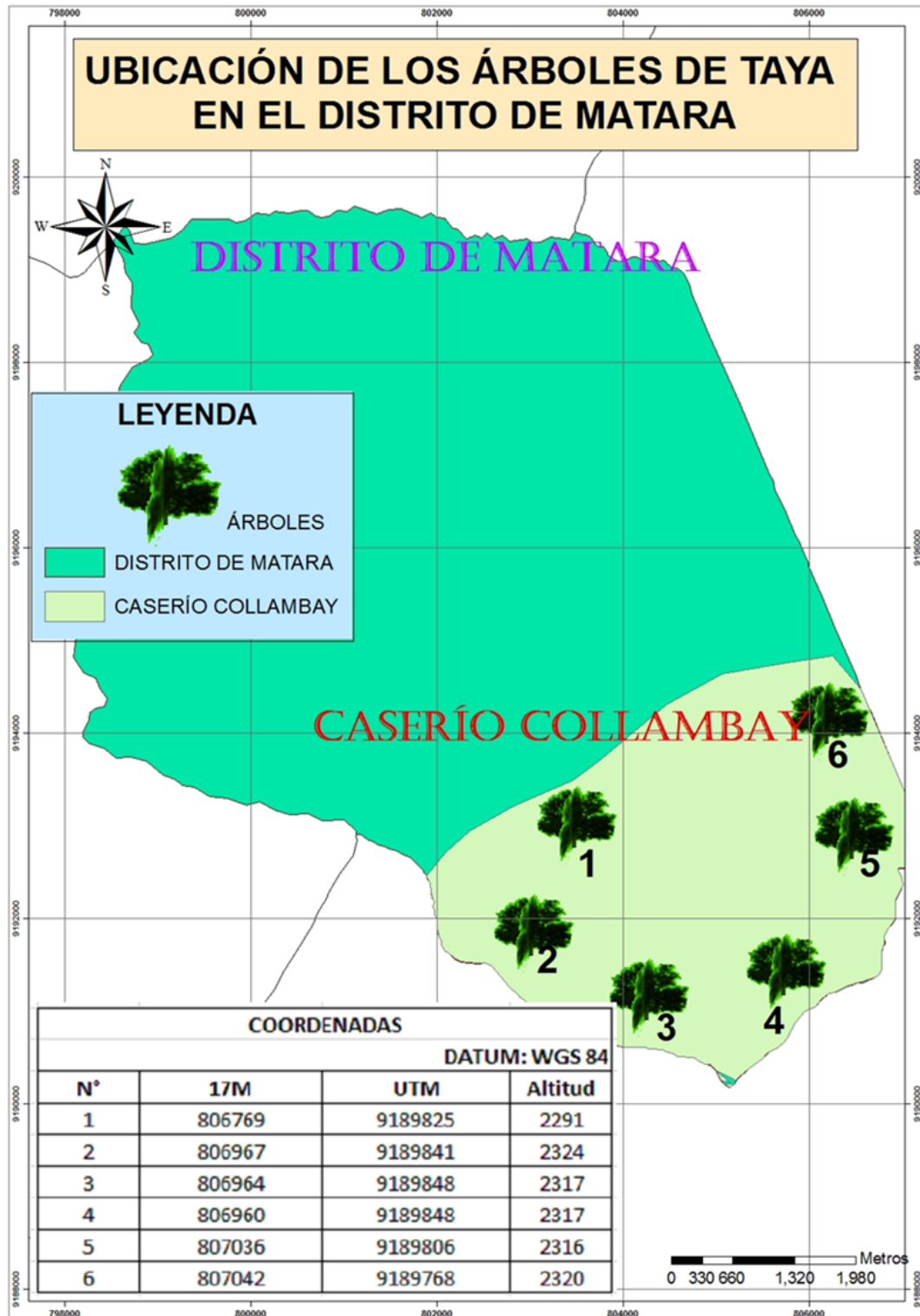
Villalba, R. 2000. Métodos en dendrogeomorfología y su potencial uso en América del Sur. EDIUNC. Mendoza – Argentina 103-134 p.

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de los árboles taya en el distrito de Pedro Gálvez.



Anexo 2. Ubicación de los árboles taya en el distrito de Matara.



Anexo 3. Datos de precipitación y temperatura de la estación meteorológica ubicada en la provincia de San Marcos.

Año	Precipitación Total	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Temperatura Media
1972	824	24.6	11.2	18.3
1973	987.1	24	11.2	-
1974	609.2	23.6	10.5	17.1
1975	778.9	23.5	10.3	17
1976	586.4	24.2	9.9	17.4
1977	653.7	24	-	17.8
1978	424	24.6	10	18.2
1979	610.8	25	10.5	18.4
1980	576.3	-	-	18.7
1981	867.3	-	-	18.3
1982	703.8	24.8	10.5	18.3
1983	677	25.5	11.1	19
1984	951.3	24.5	10.3	17.9
1985	414.5	24.7	10.5	18.2
1986	536.4	26.2	10	18.2
1987	658.6	26.5	10.6	18.7
1988	693	26	10.1	18
1989	674.4	25.5	9.5	17.6
1990	719.2	25.8	10.4	18.1
1991	537	26	9.5	18.3
1992	426.1	26.5	10.1	18.8
1993	909.4	25.7	10.3	18.3
1994	870.2	26	10.1	18.2
1995	631.1	26.8	10.5	18.7
1996	621	26.6	10.3	18.4
1997	736.7	27.1	10.9	18.8
1998	901.3	27.3	11.1	18.8
1999	894.7	25.7	10.4	17.8
2000	706.2	24.9	10.2	17.6
2001	995.6	24.4	10.9	17.7
2002	938.3	24.8	11.1	17.9
2003	647.9	25.2	10.9	18.3
2004	687.1	25.1	10.7	18.2
2005	807.8	25.3	10.4	18
2006	969.2	24.8	10.7	17.9

2007	839.1	24.6	10.5	17.7
2008	879.9	24.6	10.7	17.5
2009	987.1	24.8	10.9	17.8
2010	613.6	25.5	10.8	18.3
2012	953.6	24.7	10.4	17.6

Fuente: SENAMHI-DIRECCION REGIONAL DE CAJAMARCA (2013).

Anexo 4. Datos de precipitación y temperatura de la estación meteorológica ubicada en el distrito de Matara.

Año	Precipitación Total	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Temperatura Media
1994	1251	19.9	5.7	13.5
1995	808.5	20.8	-	13.8
1996	876.4	20.5	4.6	13.5
1997	941.4	21.1	5.2	13.9
1998	1180.8	21.4	6.3	14.1
1999	1097.7	20.1	5.6	13
2000	1159.8	20.2	5.1	13
2001	1217.8	20	6.5	13.2
2002	1216.1	20.4	6.7	13.5
2003	784.9	20.9	6.4	13.8
2004	853.2	20.5	6.2	13.5
2005	1124.8	20.6	6.4	13.6
2006	1310.4	-	-	-
2007	1083.5	20.5	6.5	13.5
2008	1143.9	20.1	6.5	13.1
2010	1047.3	20.4	7.1	14
2011	946.7	19.6	4.7	13.3
2012	1023.9	19.8	4.4	13.6

Fuente: SENAMHI- DIRECCION REGIONAL DE CAJAMARCA (2013).

Anexo 5. Ancho de los anillos de crecimiento desde el año de nacimiento de los árboles hasta el año 2012- Caserío El Cedro.

Años	Árbol 1	Árbol 2	Árbol 3	Árbol 4
	Ancho en mm			
1972	2.296			
1973	1.415			
1974	1.078			
1975	1.045			
1976	1.487			
1977	1.065	1.504		
1978	1.921	1.332		
1979	1.95	1.299		
1980	2.981	1.721	2.638	1.526
1981	1.235	1.145	2.832	1.461
1982	1.106	1.176	1.456	1.887
1983	1.732	2.219	2.637	1.765
1984	1.723	2.095	3.089	1.25
1985	1.354	2.62	1.183	1.185
1986	1.461	2.629	1.709	1.632
1987	2.308	1.576	2.848	1.166
1988	1.482	1.728	2.473	1.552
1989	2.595	1.139	1.019	1.209
1990	2.96	1.254	2.099	1.791
1991	1.892	1.546	2.907	1.805
1992	7.253	1.324	1.139	1.791
1993	6.382	1.359	1.004	1.805
1994	3.288	3.296	1.844	1.079
1995	2.797	1.737	1.273	2.418
1996	2.865	2.341	2.339	2.055
1997	2.631	2.239	1.932	1.08
1998	2.462	1.684	2.039	1.715
1999	2.236	1.838	2.189	1.24
2000	2.301	1.864	1.573	2.477
2001	1.802	2.249	1.484	2.588
2002	2.462	3.069	3.252	1.51
2003	1.65	1.367	2.547	3.663
2004	2.152	1.591	1.303	1.968
2005	3.093	1.664	2.301	2.13
2006	2.865	2.387	4.988	1.419
2007	2.152	1.634	2.803	1.525
2008	1.383	1.807	3.583	1.434
2009	2.116	1.889	2.128	1.963

2010	2.537	1.192	2.789	2.011
2011	1.714	2.033	1.422	1.799
2012	4.052	1.911	1.816	2.237

Anexo 6. Ancho de los anillos de crecimiento desde el año de nacimiento de los árboles hasta el año 2012- Caserío Collambay.

Años	Árbol 1	Árbol 2	Árbol 3	Árbol 4	Árbol 5	Árbol 6
	Ancho en mm					
1928				2.241		
1929				2.649		
1930				1.253		
1931				1.206		
1932				2.621		
1933				2.254		
1934				2.144		
1935				2.549		
1936				3.438		
1937				3.917		
1938				4.056		
1939				3.898		
1940				4.962		
1941				3.197		
1942				2.163	1.589	
1943				1.28	1.315	
1944				2.024	1.559	
1945				2.207	2.075	
1946				2.017	2.118	
1947				2.947	2.167	
1948	3.02			2.407	1.8	
1949	4.11			1.456	2.287	
1950	3.051			2.774	1.018	
1951	2.476			1.545	1.272	
1952	3.24			1.888	1.42	
1953	3.019			3.928	1.441	
1954	3.504			2.999	1.048	
1955	2.287			1.885	1.81	
1956	1.105	1.889		1.886	1.242	
1957	1.759	1.576		1.013	1.512	1.817
1958	3.275	1.117		3.049	1.586	2.013

1959	1.521	1.012		2.889	2.605	1.145
1960	2.464	1.207		1.378	1.872	1.631
1961	1.098	1.003		1.929	1.542	1.355
1962	1.356	1.006	1.572	1.785	2.321	1.357
1963	1.047	1.003	1.598	1.94	1.994	2.18
1964	1.966	1.053	1.098	1.447	2.186	1.889
1965	2.266	1.007	1.672	3.343	1.976	2.372
1966	2.522	1.027	1.507	1.439	1.527	1.868
1967	2.709	1.228	1.204	1.194	3.744	2.222
1968	1.681	1	2.689	1.571	4.491	1.482
1969	1.467	3.602	3.007	2.13	3.457	1.651
1970	1.296	1.033	1.233	1.673	1.619	1.587
1971	2.032	1.42	1.894	1.615	1.47	1.933
1972	2.308	1.228	2.398	1.543	2.456	2.159
1973	2.542	2.333	1.052	1.626	1.796	1.377
1974	1.289	2.086	1.489	1.43	1.83	1.144
1975	1.441	1.003	1.169	1.44	1.945	1.805
1976	3.769	1.377	1.191	1.985	1.425	1.677
1977	1.503	1.004	1.127	1.919	1.972	1.027
1978	1.208	1.001	2.033	1.525	1.481	1.27
1979	1.079	1.101	1.696	1.984	2.892	2.244
1980	1.037	1.979	1.476	1.626	1.557	2.33
1981	2.542	1.249	2.603	1.949	1.722	1.398
1982	1.567	1.906	1.023	1.184	2.006	2.434
1983	1.481	2.214	2.14	1.947	1.901	1.991
1984	1.61	2.18	1.211	1.682	2.501	1.462
1985	1.44	1.974	1.292	1.625	1.287	2.476
1986	2.054	1.005	1.032	1.54	1.529	1.631
1987	2.096	1.467	2.737	1.711	2.133	2.033
1988	1.544	1.053	1.101	1.815	1.881	1.037
1989	2.159	1.188	1.471	2.443	1.872	1.059
1990	1.44	1.695	1.672	1.512	1.333	1.292
1991	2.413	1.208	1.011	1.587	1.302	1.804
1992	1.082	1.09	1.144	1.901	1.819	1.869
1993	1.355	2.605	1.061	1.693	1.797	1.354
1994	1.887	1.102	1.122	1.768	1.382	2.181
1995	1.261	1.035	1.533	1.058	2.537	1.994
1996	1.105	1.672	2.183	1.035	2.186	1.695
1997	1.253	1.42	2.649	1.303	1.764	1.502
1998	1.398	1.252	1.908	1.492	1.795	1.039
1999	1.503	1.052	3.345	1.596	1.749	1.546
2000	1.782	1.008	1.15	1.701	1.288	1.058
2001	1.672	1.235	1.249	1.25	2.635	1.165

2002	1.844	1.863	1.531	2.642	2.471	1.673
2003	2.033	1.802	1.888	1.212	5.644	1.397
2004	1.652	1.418	1.003	1.833	1.766	1.847
2005	1.165	1.258	1.38	1.136	2.425	1.969
2006	2.032	2.353	1.801	1.184	1.468	1.74
2007	1.356	1.908	1.503	1.409	1.125	1.44
2008	1.187	1.93	1.001	1.473	1.198	1.123
2009	3.091	2.393	1.009	1.307	1.899	1.841
2010	1.422	2.249	1.098	1.808	1.943	1.63
2011	1.464	2.099	2.183	1.345	1.004	1.954
2012	1.043	3.665	1.531	1.411	1.287	1.208
