

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de **Ingeniero Ambiental**

Evaluación dendrocronológico de las tasas de crecimiento de árboles de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz (Meliaceae) en la zona de Cuyuja, cantón Quijos, provincia de Napo.

AUTOR

Víctor Efraín Cuvi Galora

DIRECTOR

Dr. David A. Neill, Ph. D.

PASTAZA-ECUADOR

Marzo 2016

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL
DE GRADUACIÓN**

Dr. Pablo Lozano, Ph.D
PRESIDENTE

Dr. Edison Samaniego, Ph.D

Ing. Edison Suntasig, M.Sc.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme la oportunidad de llegar a esta etapa de mis estudios. A mis padres, que con su esfuerzo y respaldo han sido un ejemplo para escalar y alcanzar metas.

A mis hermanas y amigos, con quienes he compartido e intercambiado ideas para hacer posible el cumplimiento de este proyecto.

A mi esposa e hijo, por la ayuda moral e incondicional en los momentos más duros de la vida, quienes han creído en mi superación profesional y aspiran que alcance mis metas.

Un exclusivo agradecimiento al Dr. David A. Neill, Ph. D. autor de este gran proyecto que incluye a mi tema de tesis y por el tiempo dedicado en correcciones, sugerencias y críticas hasta la finalización del mismo.

A todos y todas quienes han sembrado en mí el deseo de lograr a llegar cada día mejor.

¡Les estoy profundamente agradecido!

Víctor Efraín Cuvi G.

DEDICATORIA

A mi familia, especialmente a mi hijo **Víctor Emanuel** que ha sido el motor que derrumba los obstáculos para seguir marcando camino a la meta.

RESPONSABILIDAD

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, le corresponden exclusivamente a Víctor Efraín Cuvi Galora, declaro que el presente trabajo de investigación titulado “Evaluación dendrocronológico de las tasas de crecimiento de árboles de *Cedrela montana* (Meliaceae) en la zona de Cuyuja, cantón Quijos, provincia de Napo” es de auditoria propia y como tal será protegido por las leyes establecidas en el Estado Ecuatoriano. Así mismo se asume todas las consideraciones y responsabilidades que correspondan al mismo y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA.

Víctor Efraín Cuvi Galora

CI. 0603956921

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente tema de “Evaluación dendrocronológico de las tasas de crecimiento de árboles de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz (Meliaceae) en la zona de Cuyuja, cantón Quijos, provincia de Napo”, fue desarrollado por el señor **Víctor Efraín Cuvi Galora**, bajo mi supervisión, la misma que cumple con la reglamentación pertinente, cumpliendo con las exigencias académicas de la Escuela de Ingeniería Ambiental y de la Universidad Estatal Amazónica por lo tanto autorizo su presentación.

Dr. David A. Neill, Ph. D.

DIRECTOR DE TESIS

CONTENIDO

Tribunal de Tesis	<i>ii</i>
Agradecimiento	<i>iii</i>
Responsabilidad	<i>iv</i>
Dedicatoria	<i>v</i>
1. RESUMEN	6
2. SUMMARY	7
3. INTRODUCCION	8
3.1 Objetivos	11
3.1.1 Objetivo General	11
3.1.2 Objetivo Especifico	11
3.2 Hipótesis.....	11
4. REVISION DE LITERATURA	11
4.1 Marco Legal.....	11
• Constitución Política de la República del Ecuador	11
• Ley de Gestión Ambiental	12
• Ley Forestal y de Áreas Naturales Protegidas y sus reglamentos	12
• Texto Unificado de Legislación Ambiental	13
Del Bosque Andino, sus Recursos y sus Usos	13
4.2 Aspecto Científico	14
4.2.1 Dendrocronología	14
4.2.2 Datación	14
4.2.3 Factores Limitantes en Anillos de Crecimiento	15
4.2.4 Datación Cruzada o Sincronización	15
4.2.5 La Comparación.....	16
4.2.6 Anillos Falsos.....	16
4.2.7 Crecimiento Excéntrico	16
4.2.8 Veteado	16
4.2.9 Motosierra.....	16

4.2.10 Rodajas.....	16
4.2.11 Barreno Pressler.....	17
4.2.12 Testigo.....	17
4.2.13 Lija.....	17
4.2.14 Lijadora Eléctrica.....	17
4.2.15 Laboratorio ECUAMZ.....	17
4.2.16 Microscopio.....	17
4.2.17 Lupa.....	17
4.2.18 Scanner (escaneadora).....	18
4.2.19 IMAGEJ.....	18
4.3. Descripción de la Especie en Estudio.....	18
4.4 Crecimiento de los Arboles.....	20
4.5 Estudios Dendrocronológicos de los Anillos de Crecimiento.....	21
4.6 Potencialidades de la Dendrocronología.....	22
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
5.1 Localización y Duración del Experimento.....	22
5.2 Condiciones Meteorológicas.....	23
5.2.1 Características bioclimáticas.....	25
5.2.2 Geomorfología.....	25
5.2.3 Geología.....	26
5.2.4 Fauna.....	26
5.2.5 Las Áreas Protegidas y las Poblaciones Humanas.....	26
5.2.6 Ruta al Trabajo de Campo.....	26
5.3 Materiales y Equipos.....	27
5.3.1 Métodos.....	28
5.4 Factores de Estudio.....	31
Variable independiente.....	31
Variable dependiente.....	31
5.5 Diseño Experimental.....	32
5.6 Mediciones Experimentales.....	33
5.7 Manejo de Experimento.....	33
5.8 Análisis Económico.....	34
6. RESULTADOS EXPERIMENTALES.....	34

6.1 Manejo de Anillos Falsos.....	35
6.2 Análisis de Muestras de Rodajas.....	37
6.3 Análisis de las Muestras Obtenidas con Barrenos (Testigos).....	45
6.4 Datos de los Resultados de la Medición de las Rodajas.....	49
6.5 Resultados de la Medición de las Muestras Obtenidas con Barreno.....	50
6.5.1 Diámetro de las Plantas Vivas	53
6.6 Representación Gráfica de Cantidad de Anillos e Incremento Medio Anual de las Rodajas	55
6.7 Representación Gráfica de Cantidad de Anillos e Incremento Medio Anual de los Testigos.	56
6.8 Tasas de Crecimiento (IMA) de Rodajas y Testigos.....	58
7. CONCLUSIONES	60
8. RECOMENDACIONES.....	61
9. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS	62
10. ANEXOS.	66
Anexo 1. Presupuesto	66
Anexo 2. Fotos de Trabajo de Campo	66
Anexo 3. Fotos de Trabajo en Laboratorio.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ilustración de hojas y frutos de <i>Cedrela montana</i>	19
Figura 2. Registro de datos de presencia de <i>Cedrela montana</i> en América del sur.	20
Figura 3. Ubicación del área del estudio Cooperativa “Los Cedros”.	23
Figura 4. Precipitación 2010 Estación Meteorológica Papallacta.	24
Figura 5. Temperatura 2010 Estación Meteorológica Papallacta.	24
Figura 6. La exploración de datos para las muestras, que se realizó en la Cooperativa “Los Cedros”.	27
Figura 7. Obtención de un testigo con barreno Pressler.	28
Figura 8. Muestra de rodaja de <i>Cedrela montana</i>	29
Figura 9. IMAGEJ, y sus comandos para la medición de anillos.	30
Figura 10. Ventana de propiedades de la muestra a ser calibrada.	31
Figura 11. Ancho de anillos de crecimiento, corte transversal de <i>Cedrela montana</i> observado en un estereoscopio.	35
Figura 12. Corte transversal de una muestra de <i>Cedrela montana</i>	35
Figura 13. Cronología maestra de dos muestras de rodajas del mismo árbol.	37
Figura 14. Cronología maestra de tres muestras de rodajas del mismo árbol.	38
Figura 15. Cronología maestra de cuatro muestras de rodajas del mismo árbol.	39
Figura 16. Cronología maestra de dos muestras de rodajas del mismo árbol.	40
Figura 17. Cronología maestra de dos muestras de rodajas del mismo árbol.	41
Figura 18. Cronología maestra de cinco muestras de rodajas del mismo árbol.	42
Figura 19. Cronología maestra de cinco muestras de rodajas de diferentes árboles.	44
Figura 20. Cronología maestra de cuatro muestras de testigos de diferentes árboles.	45
Figura 21. Cronología maestra de cuatro muestras de testigos de diferentes árboles.	46
Figura 22. Cronología maestra de una muestra de testigo que sobrepasa los 100 Anillos (años).	47
Figura 23. Cronología maestra de dos muestras de testigos del mismo árbol.	47
Figura 24. Dibujo de la dirección de toma de testigos con barreno en un fuste.	48
Figura 25. Representación con diámetro de las plantas vivas	54
Figura 26. Gráfica de cantidad de anillos e incremento medio anual de las rodajas.	55
Figura 27. Gráfica de cantidad de anillos e incremento medio anual de los testigos.	57

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Variables del proyecto, dependiente e independiente.....	32
Cuadro 2. Técnica aplicada en esta investigación de dendrocronología en <i>Cedrela montana</i>.....	32
Cuadro 3. Resultados de las mediciones de las muestras de rodajas.....	50
Cuadro 4. Resultados de la medición de las muestras obtenidas con barreno.	51
Cuadro 5. Estimación de edad de un árbol a través de su diámetro.	53
Cuadro 6. Tasas de crecimiento (IMA) de rodajas y testigos	58
Cuadro 7. Presupuesto de los costos de la investigación.....	66

1. RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en Ecuador, en el sector de Cuyuja, cantón Quijos, provincia de Napo, a 2840 msnm. El principal objetivo fue determinar la edad aproximado de la planta de *Cedrela montana*, a través de las formaciones de anillos de crecimiento anual que por lo general están marcados en estas especies y también se midió el ancho de los anillos para determinar las tasas de crecimiento. Para la recolección de muestras se aplicó dos técnicas dendrocronológicas, la primera se obtuvo rodajas con una motosierra de troncos de árboles caídos (muertos) y la siguiente técnica es con un barreno Pressler (5 a 10 mm), se extrajo núcleos de crecimiento (testigos) de las plantas vivas. En el trabajo de campo de recogió 56 muestras en total (rodajas y testigos), de la cual se seleccionó las muestras en mejor estado y que estén desde la medula hasta la corteza para su análisis. Para la medición del ancho y cantidad de anillos de crecimiento se empleó el programa software IMAGEJ.

Se desarrollaron cronologías de madera temprana de 9 hasta 177 años o anillos en testigos, de madera tardía de 99 hasta 289 años o anillos en rodajas. En muestras de *Cedrela montana* se observan anillos de crecimiento bien definidos y anillos falsos difíciles de medir, con la ayuda de las herramientas sofisticadas (microscopio, lupa e IMAGEJ) se observó y analizo sin dificultad. Se obtuvo un crecimiento excéntrico máximo de 13.65 mm, en las tasas de crecimiento existe variabilidad, en rodajas se obtiene 2.77 mm y en muestras de testigos 5.19 mm con una desviación estándar de ± 1.099 así, llegando a tener un promedio de incremento medio anual (IMA) de 3.98mm de crecimiento anual en la zona de estudio. Queda claro las plantas de cedro a temprana edad tienen un crecimiento alto en relación a cantidad de anillos, mientras más anillos o años disminuye la tasa de crecimiento.

Según estudios similares realizados en anillos de crecimiento se concluye que el resultado está dentro del rango obtenido en otros lugares, proporcionando seguridad a esta investigación. Por lo tanto se puede estimar la edad del árbol, basándose en las tasas de crecimiento y diámetro de las plantas de *Cedrela montana* en la zona de Cuyuja y para las instituciones competentes usar en regulaciones de planes de manejo para un aprovechamiento sostenible de estas especies.

2. SUMMARY

The study was carried out in Ecuador, in the area of Cuyuja, Canton Quijos, Napo province, at 2840 m elevation. The main objective was to determine the approximate age and annual growth of the native tree species *Cedrela montana* through analysis of the annual growth rings in samples taken from representative trees of the population. . To collect samples two dendrochronological techniques were applied: the first by means of trunk slices obtained with a chainsaw from fallen (dead) the second technique using a Pressler increment borer (5-10 mm diameter), with the core extracted from the living trees. . A total of 56 samples were collected (slices and core s), from which the most complete samples were selected, preferably those with the complete set of annual rings and are from the medulla to the cortex for analysis. To measure the width and amount of growth rings the ImageJ software program was used.

Chronologies of young trees, from 9 to 177 years of age were taken from increment cores, and of large trees, from 99 to 289 years of age, from trunk slices. ea. *Cedrela montana* samples exhibited well defined growth rings in most samples, as well as difficult-to measure false rings, but with the help of sophisticated tools (microscope, magnifying glass and ImageJ) the obstacles were overcome in order to give a satisfactory result. A maximum eccentric growth of 13.65 mm was obtained in the growth rates variability in slices obtained 2.77 mm and core samples 5.19 mm with a standard deviation of ± 1.099 well, growing to an average of average annual increase (IMA) of 3.98mm annual growth in the study area. *Cedrela montana* trees at an early age have high growth rates as defined by the width of annual rings; older trees have narrower rings and slower annual growth rates.

According to similar studies in growth rings we conclude that the result is within the range observed elsewhere, providing assurance that the investigation that was conducted with care. This study confirms that the age of *Cedrela montana* trees in the Cuyuja population can be successfully estimated using standard dendrochronological methods using the analysis of annual growth rings. This information should be used by the competent institutions to develop regulations and management plans for the sustainable use of this important timber source.

3. INTRODUCCION

El cambio climático está considerado uno de los retos ambientales, sociales y económicos más importante de los últimos años. Científicos de todo el mundo están investigando al respecto y tratan de llegar a conclusiones que les permitan predecir cómo será el futuro ambiental y climático (Villanueva *et al.*, 2009).

La dendrocronología ha hecho aportes trascendentales a la ciencia, estudiando los cambios ambientales del pasado analizando los anillos de crecimiento anual de los árboles. Entre ellos, se cuenta las reconstrucciones climáticas de los últimos milenios, las que han sido un valioso aporte para los modelos de cambio global, lo que ha sido una contribución fundamental a las ciencias ambientales (Roig *et al.*, 2001).

La **dendrocronología** es la ciencia que estudia a través de los troncos de los árboles variaciones a lo largo del tiempo. La propia palabra se define a sí misma: en griego **dendron** quiere decir árbol, **crono** significa tiempo y **logo** conocimiento (Gutiérrez, 2008). La dendrocronología comprende los anillos de crecimiento en árboles que son empleadas para averiguar el efecto del estrés climático sobre el crecimiento de los árboles (Pereyra *et al.*, 2013). En la actualidad los especialistas en estudios de productividad forestal, reconstrucción de la variabilidad climática, evaluación del incremento de CO₂ atmosférico, contaminación, fechado de maderas arqueológicas, incidentes de ataques de insectos y movimientos de suelo, tienen una herramienta de ayuda con la dendrocronología (Rozendaal y Zuidema, 2011).

El estudio de anillos de crecimiento de los árboles (dendrocronología) se ha implementado en variadas áreas científicas (Giraldo, 2012). Entre las principales investigaciones que se desarrollan son:

- Dendroclimatología que estudia la relación crecimiento-clima.
- Desarrollo de cronologías para especies que forman anillos de crecimiento anuales.
- Dendroecologías que estudia la estructura y dinámica de los bosques.
- Geomorfología es retroceso de glaciares, deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas y terremotos.
- Arqueología es datación de sitios arqueológicos.

La dendrocronología se basa en crecimiento radial de las especies leñosas que forman anillos anuales de acuerdo a condiciones ambientales determinadas por las estaciones del año. Así a cada anillo de crecimiento se le puede asignar un año calendario específico. Por otro lado el crecimiento de los árboles es un resultado que integra un conjunto de estímulos ambientales

bióticos (competencia) y físicos (temperatura, precipitación), convirtiéndolos en verdaderos "archivos ambientales" (Tomazello *et al.*, 2009). Es así como por medio de la obtención de testigos o tarugos mediante taladros de incremento (barreno), se obtiene una pequeña porción radial de los anillos de crecimiento de un grupo de árboles de una población. Con la información de mediciones se construye una cronología de ancho de anillos, la cual representa la respuesta en crecimiento de los árboles (Villanueva *et al.*, 2009). En vista de que el crecimiento de los árboles puede estar influenciado por muchas variables, es necesario utilizar técnicas específicas para descifrar procesos ecológicos particulares.

Los árboles van creciendo del mismo modo que todos los organismos vivos experimentan un crecimiento durante su vida, la misma se debe a la formación y expansión de nuevas células que dan lugar a nuevos tejidos y órganos, el crecimiento se lleva a cabo solo en unas zonas concretas de su organismo denominadas **meristemos**. Hay dos tipos de meristemos: los primarios, que son los primeros en actuar y los responsables del crecimiento en altura, y los secundarios, que actúan después y regulan el crecimiento en grosor (Gutiérrez, 2008). El ancho de los anillos de crecimiento es el parámetro dendrocronológico que se emplea para inferir en cambios de historias de vida de los árboles leñosos y su relación con su entorno, también permite cuantificar la velocidad y el tiempo de crecimiento radial en diferentes ambientes. A partir de los anillos de crecimiento se reconstruyen en áreas antiguas o fuentes donde exista pedazo o parte de madera la edad del árbol y las fluctuaciones anuales de la temperatura, precipitación y variables atmosféricas en el mundo (Villalba *et al.*, 2009).

Aunque el crecimiento de los árboles no es continuo, se detiene cuando las condiciones son desfavorables; se reinicia cuando las condiciones meteorológicas vuelven a ser favorables (Linares y Camarero, 2010). Otras veces un período de esfuerzo (una alteración) que ocurre en la mitad del período de crecimiento puede producir dos o más capas de crecimiento formadas en el lapso de un año particular (Rozendaal *et al.*, 2011). Por otro lado, como todas las ciencias, también tiene sus limitaciones por ello sólo los árboles que presentan anillos anuales son útiles para la dendrocronología (Villanueva *et al.*, 2009), los anillos anuales de un árbol permiten estudiar fenómenos que se ha producido en una zona a lo largo de la historia, para estudiar los anillos de un árbol es suficiente con sacar una pequeña muestra cilíndrica de su tronco en la que se aprecian todos los anillos (Rozendaal y Zuidema, 2011).

Cada vez que se detiene el crecimiento queda una marca visible en la madera que forma los conocidos **anillos de crecimiento**. Cada anillo corresponderá a un ciclo de crecimiento del grosor del árbol (Pereyra *et al.*, 2013).

Las mayoría de especies leñosas registran el paso del tiempo y además guardan una información ambiental pasado (el clima, el tipo del suelo, la composición de la atmósfera, las interacciones con otras especies) quedan talladas en las estructuras de crecimiento anuales (López *et al.*, 2011).

La definición de los anillos es por bandas delgadas de tejido parenquimático (Rivera, 2006), las pequeñas marcas verticales presentes producen el diseño veteado está dado por las marcas de anillos de crecimiento. El ancho de los anillos de crecimiento es el parámetro dendrocronológico que se emplea para inferir en cambios de historias de vida de los árboles leñosos y su relación con su entorno, también permite cuantificar la velocidad y el tiempo de crecimiento radial en diferentes ambientes. A partir de los anillos de crecimiento se reconstruyen en áreas antiguas o fuentes donde exista pedazo o parte de madera la edad del árbol y las fluctuaciones anuales de la temperatura, precipitación y variables atmosféricas en el mundo (Villalba *et al.*, 2006). Muchos fenómenos naturales se entienden mejor desde su pasado, por ello la dendrocronología es una herramienta útil para la investigación.

3.1 Objetivos.

3.1.1 Objetivo General

Determinar la variabilidad de las tasas de crecimiento en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz a través de los anillos anulares de un número representativo de árboles.

3.1.2 Objetivo Especifico

- Determinar la datación de cada muestra del árbol y analizar las tasas de crecimiento de *Cedrela montana*.
- Establecer la dimensión de las tasas de crecimiento de los arboles a edades y tamaños del mismo año estipulado, los incrementos anuales por medio de IMAGE J.
- Analizar y comparar la variabilidad de las tasas de crecimiento entre individuos y años de la población de *Cedrela montana*.

3.2 Hipótesis

- A través de los anillos de crecimiento de *Cedrela montana* se comprueba el año de vida aproximado del árbol y la variación de las tasas de crecimiento del mismo que nos permite correlacionar con los cambios climáticos y el entorno ecológico de los árboles que influyeron para su desarrollo.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1 Marco Legal

La elaboración del presente estudio se realizara bajo respaldo de marco Legal Ecuatoriano vigente, para el cual se ha tomado en cuenta las siguientes normativas:

- **Constitución Política de la República del Ecuador**, aprobada por la Asamblea Nacional Constituyente y vigente desde noviembre del 2008.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

- **Ley de Gestión Ambiental.**- publicada en el Registro Oficial N° 245 de 30 de Julio de 1999, en el TITULO V, Art. 39 y 40, define la normativa de la información y vigilancia ambiental.

Art. 39.- Las instituciones encargadas de la administración de los recursos naturales, control de la contaminación ambiental y protección del medio ambiente, establecerán con participación social, programas de monitoreo del estado ambiental en las áreas de su competencia; esos datos serán remitidos al Ministerio del ramo para su sistematización; tal información será pública.

Art. 40.- Toda persona natural o jurídica que, en el curso de sus actividades empresariales o industriales estableciere que las mismas pueden producir o están produciendo daños ambientales a los ecosistemas, está obligada a informar sobre ello al Ministerio del ramo o a las instituciones del régimen seccional autónomo. La información se presentará a la brevedad posible y las autoridades competentes deberán adoptar las medidas necesarias para solucionar los problemas detectados. En caso de incumplimiento de la presente disposición, el infractor será sancionado con una multa de veinte a doscientos salarios mínimos vitales generales.

- **Ley Forestal y de Áreas Naturales Protegidas y sus reglamentos .-** publicado en el registro oficial N° 118 del 28 de enero de 1999 en el TITULO I, CAPITULO VII, Art. 43 a 49, sobre control y movilización de productos forestales.

Art. 43.- El Ministerio del Ambiente supervigilará todas las etapas primarias de producción, tenencia, aprovechamiento y comercialización de materias primas forestales. Igual supervigilancia realizará respecto de la flora y fauna silvestres.

Art. 44.- Para efecto de lo dispuesto en el artículo anterior, la movilización de productos forestales y de flora y fauna silvestres, requerirá de la correspondiente guía de circulación expedida por el Ministerio del Ambiente. Se establecerán puestos de control forestal y de fauna silvestre de atención permanente, los cuales contarán con el apoyo y presencia de la fuerza pública.

Art. 45.- Para efecto del cumplimiento de esta Ley, créase la Guardia Forestal bajo la dependencia del Ministerio del Ambiente. Las Fuerzas Armadas y la Policía Nacional colaborarán con la Guardia Forestal, para el eficaz ejercicio de sus funciones.

Art. 46.- Prohíbese la exportación de madera rolliza, con excepción de la destinada a fines científicos y experimentales en cantidades limitadas, y previa la autorización del Ministerio del Ambiente y en las condiciones que éste determine.

Art. 47.- La exportación de productos forestales semielaborados será autorizada por los Ministerios del Ambiente y de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad, únicamente cuando se hallen satisfechas las necesidades internas y los niveles mínimos de industrialización que se requerirán al efecto.

Art. 48.- La exportación de especímenes de flora y fauna silvestres y sus productos, se realizará solamente con fines científicos, educativos y de intercambio internacional con instituciones científicas, previa autorización del Ministerio del Ambiente y cumpliendo con los requisitos reglamentarios.

Art. 49.- El Ministerio del Ambiente autorizará la importación de productos forestales que no existan en el país, y de especímenes de flora y fauna silvestres que interesen al desarrollo nacional.

- **Texto Unificado de Legislación Ambiental:** Anexo III, Título II del Régimen Forestal. Anexo IV. De la biodiversidad.

Del Bosque Andino, sus Recursos y sus Usos

Art. 1.- Para los fines de esta norma se entiende como bosque andino a la vegetación que se desarrolla arriba de la cota de los 900 metros sobre el nivel del mar en las estribaciones de la cordillera occidental y, arriba de la cota de los 1300 metros sobre el nivel del mar, en las estribaciones de la cordillera oriental. Se incluyen también los bosques nativos ubicados dentro de los callejones interandinos.

Art. 2.- Los recursos que contienen los bosques andinos podrán estar sujetos a los siguientes usos: a. Conservación y protección de flora y fauna silvestres, de fuentes hídricas y de los recursos naturales renovables relacionados.

- b. Satisfacción de las necesidades domésticas tanto individuales como comunitarias;
- c. Aprovechamiento sustentable de los recursos realizado por personas naturales o jurídicas, de conformidad con las autorizaciones otorgadas por la autoridad forestal competente.
- d. Otras que determine la autoridad forestal. La prioridad del uso tomará en cuenta consideraciones ecológicas, económicas y sociales.

En Ecuador, las áreas protegidas representan aproximadamente el 20% del territorio nacional conservado, se enmarcan en la máxima categoría de protección de acuerdo con la legislación ambiental nacional, por Constitución de la República son parte de uno de los subsistemas del

gran Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) conocido como Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), distribuidas en todo el territorio continental e insular, albergan una importante riqueza biológica, servicios eco sistémicos de los cuales se benefician tanto las poblaciones urbanas como rurales, una riqueza paisajística que permite el turismo y la recreación en parte de ellas, y por su importancia ecológica trascienden fronteras que son reconocidas a nivel internacional.

4.2 Aspecto Científico

4.2.1 Dendrocronología

Es un método especializado de datación de los anillos de crecimiento de los árboles en relación con el tiempo. Se basa en el principio de que la anchura del anillo anual está muy anunciada por las condiciones en las cuales la planta ha crecido, particularmente por el clima (Morales *et al* 2001). Sin embargo, 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 (López *et al*, 2011).

Según Bahn (2007) la dendrocronología no es un método de datación universal debido a dos factores básicos como limitante:

- Solo es aplicable a árboles de regiones exteriores a los trópicos, donde los marcados contrastes estacionales producen anillos anuales bien definidos;
- Para una datación dendrocronología directa, se limita a la madera de aquellas especies:
 - a) que hayan proporcionado una serie directora que se remonte hacia atrás desde la actualidad, y b) que la gente utilizado realmente en el pasado.

Esto nos da entender que los anillos de crecimiento demarcados es una características bien definida en la mayoría de las especies de los árboles que crecen en regiones templadas y frías donde existe una fuerte estacionalidad climática que induce un periodo de reposo invernal en el crecimiento; pero en las regiones tropicales y subtropicales, por el contrario los estudios de anillos de crecimiento están limitados por el bajo número de especies que producen anillos anuales de crecimiento (Morales *et al.*, 2001). Sin embargo los estudios han confirmado que algunas especies de árboles en las zonas tropicales producen anillos anuales regularmente y estas especies podrían ser analizados con la mismas técnica de dendrocronología que fueron desarrolladas originalmente en las zonas templadas del planeta (Rozendaal *et al.*, 2011).

4.2.2 Datación

Es la técnica fundamental de la dendrocronología que permite registrar una pieza de madera, con un margen de precisión de un año o incluso menos (Bahn, 2007).

4.2.3 Factores Limitantes en Anillos de Crecimiento

La tasa de crecimiento de una planta se encuentra condicionada por la variable ambiental, inclusive podemos decir que 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 esto, para influye 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 (Giraldo, 2012).

Las especies de árboles tropicales si forman anillos de crecimiento la humedad es un parámetro ambiental que influencia en la formación estructural de la madera, en la actualidad no existen muchos estudios dendrocronológicos en zona húmedas. En las regiones tropicales la temperatura podría relacionarse a la incapacidad de muchas plantas de producir anillos de crecimiento anatómicamente distinguibles, si se la compara, por ejemplo, con los árboles de regiones templadas (Roig *et al.*, 2001). Según Brauning, (2009) manifiesta dos hechos que permiten que el estudio de anillos de crecimiento se puede realizar en especies leñosas de zonas templadas. Primero, la formación del anillo es rítmica y generalmente se corresponde con años calendario, garantizando el control temporal de procesos como crecimiento y mortalidad. Segundo, el árbol es un sensor e integrador de estímulos ambientales que afectan sus funciones fisiológicas e incorpora esa información en la estructura de sus anillos la especie de *Cedrela montana* se despoja de su hojas durante el período seco (fenológico) que puede ser visto como una adaptación a las condiciones generalmente secas con menos precipitaciones y el aumento de los déficit de presión de vapor máxima durante octubre a diciembre.

4.2.4 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. 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 (Giraldo, 2012).

Adicionalmente, esta sincronización 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.

4.2.5 La Comparación.

El proceso de hacer coincidir patrones de anillos de árboles que crecieron en la misma época, en el mismo sitio, bajo las mismas condiciones medioambientales, se denomina crossdating (por sus siglas en inglés), datación cruzada ó cofechado. Se conoce como el principio más importante en dendrocronología. De las series anulares (cross-dating o datación cruzada), a realizar tanto visualmente a través de test estadísticos, las cronologías se sincronizan, es decir, el objeto en cuestión se ubica en una zona de referencia donde la analogía en términos de crecimiento de los anillos es más evidente.

4.2.6 Anillos Falsos.

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 (Pereyra, et al 2013). 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.

4.2.7 Crecimiento Excéntrico.

La presencia de anillos discontinuos, formando “lentes” que producen crecimiento excéntrico que está fuera del centro o que tiene un centro diferente. Esto se refiere que los anillos de crecimiento son muy anchos en promedio o relación a los demás series (Moglia *et al.*, 2009).

4.2.8 Veteado.

El "veteado" existe sólo cuando el leño presenta anillos de crecimiento, y depende del tipo de aserrado (tangencial o radial) así como de la fibra y la textura (Rivera, 2006).

4.2.9 Motosierra.

Es una máquina formada por conjunto de dientes de sierra unidos a una cadena accionada por un motor que la hace girar a alta velocidad. Su finalidad es cortar troncos, ramas u otros objetos de madera, normalmente tienen motores de gasolina o eléctricos.

4.2.10 Rodajas.

Madera no tratada con corteza, anchura de aprox. 3 a 5 cm, ideal como material de construcción y usada como elemento experimental de las condiciones naturales, los discos de madera pueden agrietarse debido a procesos naturales de secado.

4.2.11 Barreno Pressler.

Es una herramienta especialmente creada para extraer del fuste del árbol una fina sección cilíndrica, se necesita taladrar manualmente dentro del árbol lo suficientemente profundo, pasando lo que se estima es el centro. La muestra es normalmente de 5 mm de ancho y de largo como sea el barreno o el radio del árbol.

4.2.12 Testigo.

Es una ejemplar que se extrae con un barreno Pressler, del fuste de un árbol usado en técnicas de la dendrocronología para diferentes estudios, por lo general en anillos de crecimiento.

4.2.13 Lija.

Es una herramienta que consiste en un soporte de papel sobre el cual se adhiere algún material abrasivo, como polvo de vidrio o esmeril. Se usa para quitar pequeños fragmentos de material de las superficies para dejar sus caras lisas, como en el caso del detallado de maderas, a modo de preparación.

4.2.14 Lijadora Eléctrica.

Es una máquina-herramienta que lleva acoplado un papel de lija y que lo hace girar a gran velocidad y con un segundo movimiento rotativo del eje para evitar hacer ralladuras. Se utiliza para dar un acabado más o menos fino, tanto a superficies de madera como de metal.

4.2.15 Laboratorio ECUAMZ.

Está funcionando desde diciembre de 2012 en "Centro de Investigación Postgrado y Conservación Amazónica", de la Universidad Estatal Amazónica CIPCA, con un jardín botánico asociada, colección de germoplasma, laboratorios fitoquímicos y moleculares y un bosque primario reserva de 2000 hectáreas.

4.2.16 Microscopio.

Instrumento óptico para ampliar la imagen de objetos o seres, o de detalles de estos, tan pequeños que no se pueden ver a simple vista; consta de un sistema de lentes de gran aumento

4.2.17 Lupa.

Es un instrumento óptico que consta de una lente convergente de corta distancia focal, que desvía la luz incidente de modo que se forma una imagen virtual ampliada del objeto por detrás de una. Una lente convergente puede conseguir que la imagen de un objeto se vea ampliada, y, por lo tanto, verla bajo un ángulo aparente mayor.

4.2.18 Scanner (escaneadora)

Se le llama scanner al dispositivo de entrada que permite digitalizar imágenes, datos, señales y otro tipo de información con el propósito de leerla y hacer uso de ella para diversos fines, su funcionamiento similar al de una fotocopiadora, el escáner se ocupa de “leer” aquella información visible en el objeto con el fin de introducirla a un sistema informático para su posterior uso. Por ejemplo, digitalizar fotografías tomadas con dispositivos analógicos para modificarlas con programas de edición de imágenes.

4.2.19 IMAGEJ.

Es un programa de software especializado para la dendrocronología, que sirve de una herramienta muy interesante para el procesado de imágenes. Se pueden hacer operaciones muy sencillas sobre imágenes como ajustar el contraste, transformar una imagen color en una imagen blanco y negro. Además se puede utilizar ImageJ para efectuar operaciones más sofisticadas sobre las imágenes como por ejemplo resaltar algunos detalles y regir a visualizar y procesar imágenes obtenidas con el Microscopio Confocal Leica TCS SP2 AOBS (Ferreira *et al.*, 2012).

4.3. Descripción de la Especie en Estudio

Ordenado según la Red Nacional de Jardines Botánicos, (2008) la clasifica:

REINO: PLANTAE

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

ORDEN: SAPINDALES

FAMILIA: MELIACEAE

GÉNERO: CEDRELA

ESPECIE: *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

NOMBRE COMUN: cedro colorado, cedro de montaña, cedro de tierra fría y cedro andino

4.3.1 Descripción Taxonómica

Cedrela montana, es una especie arbórea de lento crecimiento que alcanza de 20 a 35 metros de altura y un DAP de 100 a 200 cm aproximadamente. Tiene un fuste recto color café y suave Las hojas son alternadas compuestas y paripinadas, de 7 a 12 pares de folíolos generalmente opuestos; folíolos de 8 a 10 cm de largo por 3 a 4 cm de ancho como se observa en la figura 2.1 (Pennington y Muellner, 2010).



Figura 1 Ilustración de hojas y frutos de *Cedrela montana*.

Fuente: (Pennington & Styles, 1981).

Las flores son terminales y pequeñas; el cáliz es regular y lobulado. Los frutos son capsulas leñosas con lenticelas, dehiscentes y cafés. El fruto es una capsula leñosa y muy lenticelada; dehiscente de color café oscuro cuando madura, sus semillas son planas y aladas de color rojizo de 3,5 cm de largo (Pennington y Muellner, 2010). Tiene copa abierta y globosa, follaje bien oscuro; tronco cilíndrico de base recta, corteza color café oscuro y fisurado longitudinalmente, la parte interna de color café, sabor amargo (Merino y Aguirre, 2000).

4.3.2 Distribución de *Cedrela montana*

La especie crece en suelos con buen drenaje, de textura arenosa, un pH neutral o alcalino y buena fertilidad. El árbol retarda su crecimiento en suelos con baja fertilidad y suelos con textura arcillosa, es susceptible también a suelos inundados. De acuerdo a Herbario Nacional en Ecuador ha sido localizada en Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Azuay, Loja y Napo; entre 1800 y 3200m de altitud, con una temperatura promedio anual entre el rango de 10 a 20°C y una precipitación anual de 500 a 2000 mm (Cuamacas, y Tipaz, 1995).

Crece en las formaciones ecológicas de bosque seco Pre-Montano (bs-PM), bosque húmedo Pre-Montano (bh-PM), bosque seco Montano-Bajo (bs-MB) y bosque húmedo Montano-Bajo (bh-MB) (Remache, 2011). En América del sur se distribuye en la cordillera de los Andes desde Venezuela a Perú, desde 1400-3100 m de altitud (Pennington & Styles, 1981).

Todas las especies del género *Cedrela* son importantes económicamente por el uso de la madera en construcción y para ebanistería en la producción de muebles de alta calidad. *Cedrela montana*, en particular, ha sido utilizada durante siglos en las ciudades andinas del Ecuador y en la artesanía de figuras humanas y estatuillas de los artesanos de San Antonio de Ibarra en la provincia de Imbabura (D. Neill, com. pers.)



Figura 2. Registro de datos de presencia de *Cedrela montana* en América del sur. Los puntos azules representan donde se han registrado los datos de presencia de *Cedrela montana* en América del sur Fuente: www.tropicos.org.

4.4 Crecimiento de los Árboles

Lo árboles del mismo modo que todos los organismos vivos perciben un crecimiento durante su vida. EL crecimiento se debe a la formación y expansión de nuevas células que dan lugar a nuevos tejidos y órganos. En los árboles el crecimiento se lleva a cabo solo en unas zonas concretas de su organismo denominadas meristemos. Los meristemos están formados por agrupaciones de células que tienen una elevada capacidad para dividirse y generar nuevas células que a su vez formarán nuevos tejidos. Hay dos tipos de meristemos: los primarios, que son los primeros en actuar y los responsables del crecimiento en altura, y los secundarios, que actúan después y regulan el crecimiento en grosor.

Al meristemo secundario lo forman una capa fina de células que envuelven el árbol por debajo de la corteza. Su actividad produce capas de madera por debajo de la corteza. De modo que el

árbol experimenta un crecimiento en grosor de fuera a dentro siendo la última parte formada la que se encuentra justo debajo de la corteza. Pero el crecimiento de los árboles no es continuo: se detiene cuando las condiciones son desfavorables y se reinicia cuando las condiciones climáticas vuelven a ser favorables. Cada vez que se detiene el crecimiento queda una marca visible en la madera que forma los conocidos anillos de crecimiento. Cada anillo corresponderá a un ciclo de crecimiento del grosor del árbol.

En regiones en las que no hay una estacionalidad tan clara, el crecimiento de los árboles no se ve tan determinado por las variaciones climáticas anuales. Por ejemplo en las zonas tropicales no hay una oscilación térmica anual muy marcada y disponen de agua durante todo el año. Por tanto, las estaciones son más o menos iguales durante todo el año al disponer permanentemente de condiciones favorables la mayoría de los árboles experimentan un crecimiento continuo y no forman anillos anuales.

4.5 Estudios Dendrocronológicos de los Anillos de Crecimiento

La dendrocronología de *Cedrela montana* ha sido estudiada en una población en la provincia de Zamora-Chinchipec, Ecuador, en la zona de influencia del Parque Nacional Podocarpus (Brauning *et al.*, 2009) y en este estudio se confirmó la presencia de anillos anuales en los fustes de *Cedrela montana* y se realizó un análisis dendrocronológico con 37 árboles de dicha especie con registros desde el año 1840, es decir árboles de 160 años de edad. El género *Cedrela* está claramente definido los anillos en sus especies pueden distinguirse con facilidad los diversos líneas y su anualidad tiene un componente genético (hereditario) y probablemente factores ambientales.

También se realizó un estudio en condición similar en la Comunidad Nativa Shaani, del Distrito de Raymondi, Provincia de Atalaya en Perú, a 1.400 msnm (Castañeda, *et al.*, 2013). Se colectaron muestras de 20 árboles con barrenos de incremento considerando aquellos árboles dominantes y codominantes, con fuste cilíndrico, de diferentes diámetros, en buenos estados sanitarios y alejados de cursos de agua. Los resultados del incremento corriente anual (ICA) es 3,52 mm/año, que corresponde al incremento diamétrico del árbol para un determinado año. El ICA se calcula restando el crecimiento acumulado (CA) correspondiente al año menos el tamaño que tenía el árbol en el año anterior $t - 1$. El incremento medio anual (IMA) es de 4,06 mm/año.

Estudió de anillos de crecimiento de 11 especies en bosques tropicales secos del Cerrado Boliviano. Los resultados muestran que todas las especies presentaron anillos de crecimiento anuales. En *Amburana cearensis*, *Cariniana ianeirensis* y *Ficus boliviana* los anillos de crecimiento están delimitados por fibras comprimidas; en *Cedrela fissilis* y *Zeyheria*

tuberculosa por elementos porosos y parénquima terminal/inicial y en *Anadenanthera colubrina*, *Centrolobium microchaete*, *Copaifera chodatiana*, *Hymenaea courbaril*, *Machaerium scleroxylon* y *Platymiscium ulei* por parénquima terminal/inicial (López *et al.*, 2011).

Los estudios del comportamiento de la densidad de la madera de cedro, *Cedrela fissilis* (Vell.), *Lonchocarpus leucanthus* (Burk.) en función del ancho de los anillos de crecimiento y del tipo de porosidad. Recolectó 50 muestras por especie, los resultados de promedio de ancho de anillos y densidades (alta y baja) son 3.9 mm en baja densidad y 5.4 mm en alta densidad (Vega y Suirezs, 2009).

4.6 Potencialidades de la Dendrocronología

Según Villalba *et al.*, (2009) aseveran que el empleo de los anillos de crecimiento permite ponderar en forma precisa las velocidades de crecimiento radial de los árboles que guardan anillos anuales en distintos ambientes, así como determinar diferencias en las estructuras poblacionales del bosque en relación a factores tales como el clima, el suelo, los disturbios naturales y la historia de su uso.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización y Duración del Experimento

La investigación se llevó a cabo en las coordenadas 00°27'21"S 78°02'16"W en el sector Cuyuja, cantón Quijos, provincia de Napo, aproximadamente a 2840 msnm, en la zona alta de río Quijos, en terrenos particulares en la zona de amortiguamiento de las Reserva Ecológica Antisana.

La Reserva Ecológica Antisana (REA) se encuentra localizada en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, a 50 Km al sureste de Quito, en la provincia de Napo. Sus nieves perpetuas y bosques andinos se combinan en esta área como en ninguna otra. A partir del volcán Antisana (5.758 msnm), rodeado de pantanos y una que otra laguna, el terreno desciende hacia la llanura amazónica. La Reserva cubre en el occidente una gran parte de los páramos próximos al volcán Antisana, y en el norte se extiende desde la cuenca del río Tambo hasta la carretera Pifo–Papallacta.

La duración del experimento fue de un año aproximado, se retardó en el secado al ambiente libre de muestras recolectadas de seis meses para eliminar la humedad. En los meses continuos

se ligó las muestras para mejor observación de los anillos de crecimiento, en lo posterior de midió la cantidad y ancho de anillo y analizar los resultados.



Figura 3. Ubicación del área del estudio Cooperativa “Los Cedros”.

En la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Antisana, a 5 km al sur de Cuyuja, cantón Quijos, provincia de Napo. Fuente: Google Earth.

5.2 Condiciones Meteorológicas

En Cuyuja el clima tiene características serraniegas aunque es muy lluvioso por estar en las faldas de la cordillera, las poblaciones de Papallacta, Cosanga, Baeza, Borja, Cuyuja gozan de clima templado y cálido. La temperatura media anual en la zona más fría alcanza a 9.4° C, en el resto del cantón aproximadamente el promedio es de 16.2° C. La humedad relativa del cantón es alta, con valores que superan el 85%, según la estación de Papallacta. Hay precipitaciones durante todo el año según INAMHI registra una media de precipitación desde año de 1972 hasta 2004 de 1606.3 mm (INAMHI; Cuyuja, M436).

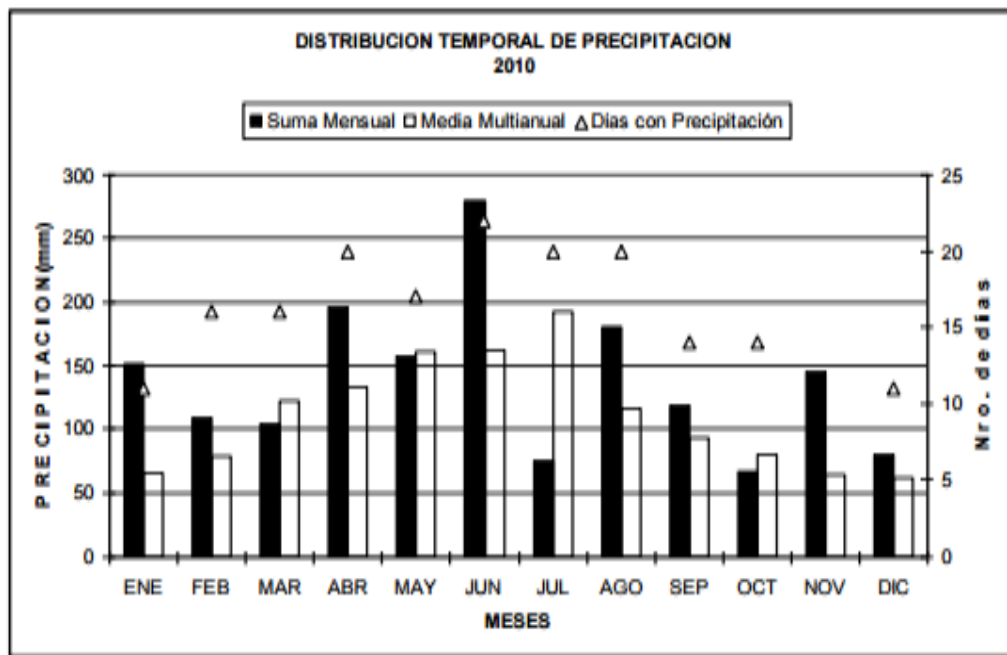


Figura 4. Precipitación 2010 Estación Meteorológica Papallacta.

La estación meteorológica está lindante a Cuyuja por lo cual se tomó de referencia la precipitación. Por lo general los meses de Junio llueve mucho y el resto de año mantiene un promedio de 50 a150 mm mensuales. Llegando a llover de 5 a 10 días mensuales de promedio típico de esta zona.

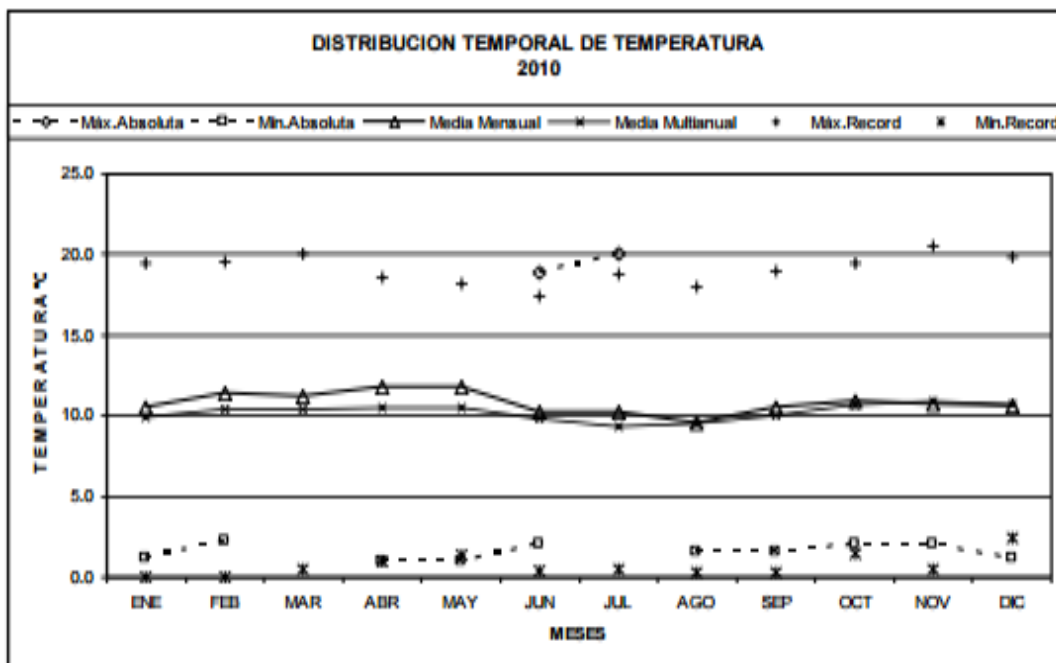


Figura 5. Temperatura 2010 Estación Meteorológica Papallacta.

Estación meteorológica lindante a Cuyuja, se tomó de referencia la temperatura por la cercanía al sitio de estudio. Se observa una temperatura de máxima 20 °C, la mínima promedio de 9-10 °C durante todo el año.

5.2.1 Características bioclimáticas

Dentro de la región se localizan seis zonas de vida, según Sierra *et al.*, (1998), a esta zona se convierte en un punto potencial de atractivo ecoturístico, por la biodiversidad existente en ellas. Según Lozano, (2008) muestra seis zonas de vida por la razón que la reserva está localizada en dos regiones diferentes (andina y amazónica), basándose en la clasificación de Holdridge, de la siguiente manera:

Bosque húmedo pre-montano: Presenta temperaturas anuales promedio de 18°C, con altitudes bajo los 2.000 m.s.n.m.

Bosque muy húmedo pre-montano: con temperaturas de 18° - 24°C y altitudes de 1.000 – 2.000 m.s.n.m. en esta zona de vida se desarrolla la investigación de anillos de crecimiento.

Bosque muy húmedo montano-bajo: una temperatura variable de 12° - 18° C y una altitud de 2.000 – 3.000 m.s.n.m.

Bosque pluvial montano: localizado en la zona más de la reserva por los 3.000- 4.000 m.s.n.m., con temperaturas de 6° - 12° C.

Bosque muy húmedo montano: tiene semejanza a la anterior zona de vida en altura y temperatura, la vegetación es casi la misma que en el bosque pluvial Montano.

Bosque húmedo montano-bajo: está situada en alturas de 2.000 m.s.n.m. con temperaturas variables a 12 y 18°C.

5.2.2 Geomorfología

El relieve de la zona está íntimamente relacionado con la formación de la cordillera de los Andes, con los procesos morfogenéticos y la litología de las formaciones geológicas.

En general los relieves son bastante altos, muy variables y disectados, con predominio de fuertes pendientes, formas abruptas de micro dirección. En las zonas próximas a los ríos se encuentran relieves planos con pendiente suaves, llanuras onduladas, generalmente bien drenadas (MAE, 2002).

5.2.3 Geología

Geológicamente, se trata de una región sujeta a grandes movimientos tectónicos y erupciones volcánicas, existen cuarcita, gneis, rioita, andesita, basalto, feldespato, cuarzo y diorita. Es abundante la obsidiana de diversos colores desde el negro hasta el gris (MAE, 2002).

La actividad volcánica del Reventador a comienzos del presente siglo y del Antisana, Sumaco y Cotopaxi en tiempos más antiguos, se manifiesta en las cenizas que aparecen en todas las estratigrafías del basurero prehistórico, estudiadas en diversas excavaciones arqueológicas realizadas en la zona. Estas cenizas volcánicas activadas por las lluvias abundantes, dotan a la tierra de excelentes sales nutritivas que la enriquecen.

5.2.4 Fauna

El páramo es el ecosistema que permite una mayor diversidad de aves, luego están representados los mamíferos, en menor proporción los reptiles y muy pocas especies de anfibios (MAE, 2002).

5.2.5 Las Áreas Protegidas y las Poblaciones Humanas

La mayoría de las áreas protegidas en el Ecuador tienen asentamientos humanos dentro de su territorio o en las zonas de influencia, ya sean de colonos o grupos nativos. Dentro de sus tradiciones históricas y culturales, las poblaciones nativas tienen una relación intrínseca con su medio ambiente natural, lo que se refleja en que el estado de conservación de los recursos naturales sea óptimo. Sin embargo estos pueblos, al igual que los colonos, se ven influenciados a modificar sus patrones de explotación de acuerdo al modelo de desarrollo nacional vigente (extracción para el mercado, extracción de recursos del bosque, uso de agroquímicos, monocultivos, cacería comercial, etc.), perdiéndose así la posibilidad de que dichos recursos perduren en el tiempo.

La Reserva Ecológica Antisana y su zona de influencia, está localizada en la sierra central y estribaciones orientales de los Andes, que incluyen importantes ecosistemas que constituyen la fuente y origen de varias cuencas hidrográficas que fluyen por el río Napo hacia el Amazonas.

5.2.6 Ruta al Trabajo de Campo

Se va por caminos vecinales por el valle del Cuyuja, existe un pequeño camino lastrado de aproximadamente 5 Km. se ingresa a la reserva, por un camino de herradura en regular estado con una extensión de 6 Km. construido por los pobladores del lugar senderos y caminos estrechos, todo el área esta intervenida.

En el lugar de trabajo de campo en la cooperativa “Los Cedros” existe poca población en sus aledaños y monocultivos de maíz, mora, etc. La parte donde esta los arboles de cedros caídos y

vivos es un área intervenido de pasto para ganado vacuno con poca vegetación, en abundancia de cedro (*Cedrela montana*).



Figura 6. La exploración de datos para las muestras, que se realizó en la Cooperativa “Los Cedros”.

A unos 5 km de Cuyuja, en los terrenos particulares en la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Antisana a 2840 msnm.

5.3 Materiales y Equipos

➤ **Obtención de muestras de campo se empleó los siguientes materiales:**

Árboles de *Cedrela montana*, Barreno y motosierra para obtener las muestras, cinta métrica, marcadores indelebles, GPS, fundas plásticas para guardar las muestras, libreta de campo y podadoras.

➤ **Para el manejo de muestras y análisis de las muestras:**

Laboratorio de herbario ECUAMZ de la Universidad Estatal Amazónica, lupa, estereoscopio, lápiz, lijas de diferentes granulometría (60, 120, 240, 600 y 1200), maquina cortadora de madera, scanner, programa IMAGEJ, computadora de altas velocidades de rotación y Microsoft Excel.

5.3.1 Métodos

5.3.1.1 Obtención de la Muestra

Para la investigación de la dendrocronología en los árboles se tomó 56 muestras en total de rodajas y testigos de árboles de *Cedrela montana*, en el sitio, aprovechando la existencia de árboles que fueron cortados para realizar una línea de tendido eléctricos que pasó por el sitio de la Cooperativa Los Cedros a finales de año 2012.

Para la investigación se empleó un método basado en el análisis del patrón de crecimiento de los anillos de los árboles, a través de dos técnicas dendrocronológicas para obtener las muestras en el campo. La primera técnica es obtener muestras de rodajas de madera de 2 a 3 cm de grosor, a lado opuesto al fuste, mismo que se encuentra en el suelo, con una motosierra marca STIHL modelo B 175.1-200.con. La segunda técnica es a través de barreno Pressler, se adquirió varios testigo (núcleo de crecimiento) por árbol a la altura del pecho (DAP, 1.3m), se aplicó para los árboles vivos obteniendo 33 muestras de testigo.



Figura 7. Obtención de un testigo con barreno Pressler.

Las 33 muestras de testigos obtenidos con un barreno Pressler fueron montadas y pegados en secciones acanaladas de madera para mejor manejo y secado.

Los arboles vivos de *Cedrela montana* se registraron datos de diámetro a la altura de pecho (DAP, 1.30m), altura de fuste y altura total del árbol, forma de copa, iluminación de la copa y se graficó las direcciones en las que el barreno fue introducido

5.3.1.2 Preparación de las Rodajas

Las muestras de rodajas y testigos fueron transportadas al laboratorio ECUAMZ de la Universidad Estatal Amazónica, donde fueron colocadas bajo sombra a temperatura ambiente para eliminar la humedad un periodo de tiempo de dos meses. Una vez seca las muestras de rodaja y testigos se procedieron a ligar con liga n° 60 para ocultar las aberturas dejadas por la motosierra. Luego se pudo con una lijadora eléctrica, utilizando lija de granulometría mediana inclusive la más fina hasta lograr una superficie natural lisa que permitan observar los anillos de crecimiento.

5.3.1.3 conteo y Datación

A continuación de las muestras lijadas se trabajó en evidenciar los anillos de crecimiento con la ayuda de la lupa y el estéreo microscopio para ir determinando la parte en la cual se observan los anillos con claridad. Luego se trazó un radio a cada rodaja desde la cascara hasta la medula para poseer una sola muestra que será escaneado una imagen para contar y medir el ancho de anillos con el programa IMAGEJ.



Figura 8. Muestra de rodaja de *Cedrela montana*.

La muestra de rodaja de la cual seleccionamos la parte más vistosa del anillo de crecimiento previo medición y conteo.

Las muestras seleccionadas fueron escaneados en un scanner EPSON Expression 11000XL de alta definición, se obtuvo una imagen, que en lo posterior se utilizó con el programa IMAGEJ en la medición de ancho y conteo de anillos de crecimiento de todas las muestra de *Cedrela montana*.

La datación se realizó según la conformidad, a cada anillo se le asignó el año que se inició el crecimiento (Schulman, 1956). Por ejemplo el anillo asignado al 2012 (la que está apegado a la cascara) corresponde al periodo de crecimiento del año 2011 a 2012.

5.3.1.4 Medición de los Anillos

La medición del ancho de los anillos de crecimiento de *Cedrela montana* se realizó con la ayuda del programa IMAGEJ, que es una herramienta para procesar y operar sobre imágenes con precisión y directamente al ancho de los anillos de las muestras de los árboles del sistema de medición a la computadora. El programa permite capturar medidas de una variedad de unidades de lectura digitales, que se comunican con cualquier puerto serial o puerto USB disponible. Primero se calibro la longitud de la imagen que asoma en puntos por pulgadas (ppp), estos datos de transformo a milímetros. Un ejemplo para entender, dimensión de alto según la orientación de la imagen de la muestra (26923 pixeles), se divide para la resolución horizontal de scanner (2400ppp), de esta operación da como resultado 11,209 pulgadas, este resultado se transformó a milímetros.

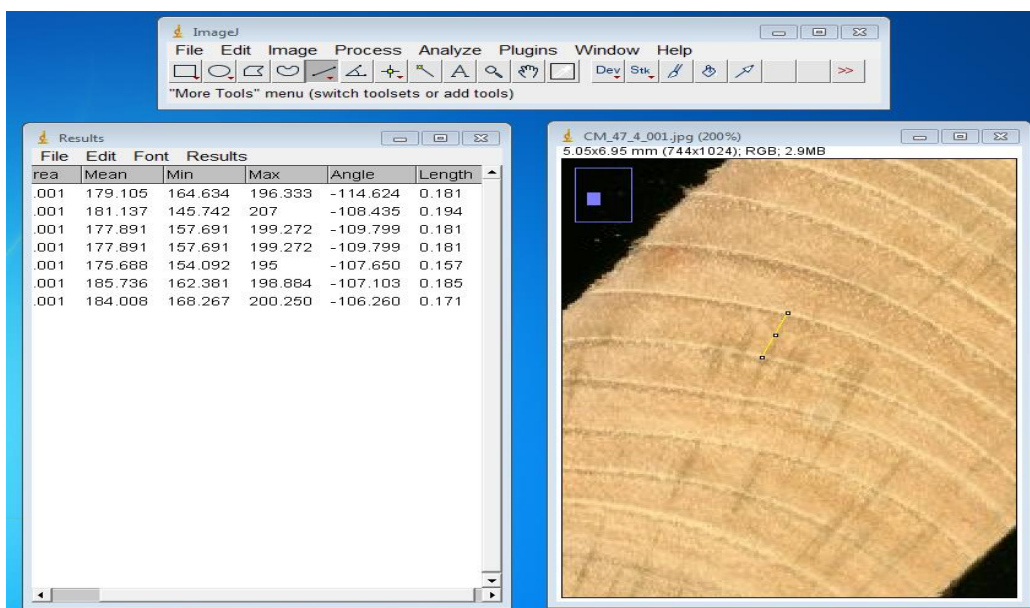


Figura 9. IMAGEJ, y sus comandos para la medición de anillos.

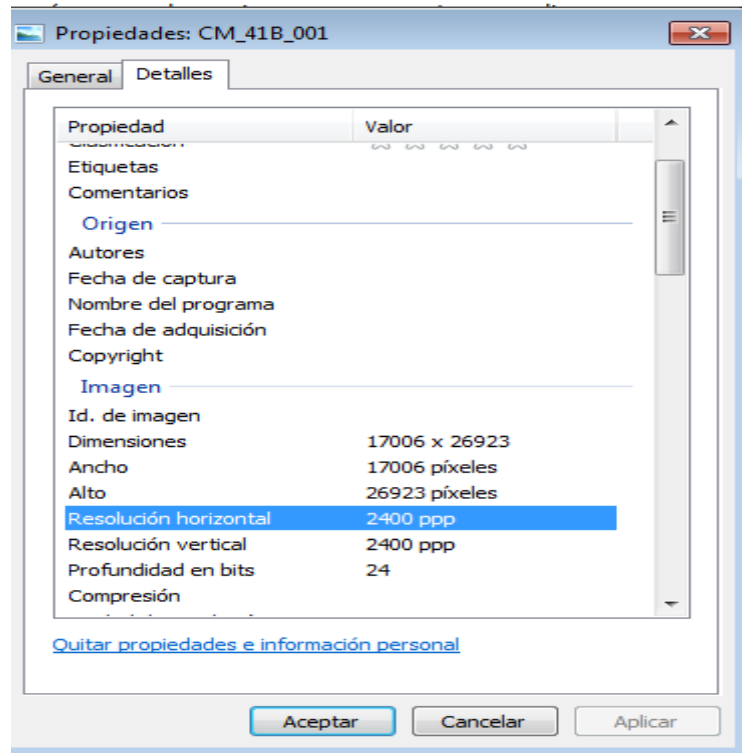


Figura 10. Ventana de propiedades de la muestra a ser calibrada.

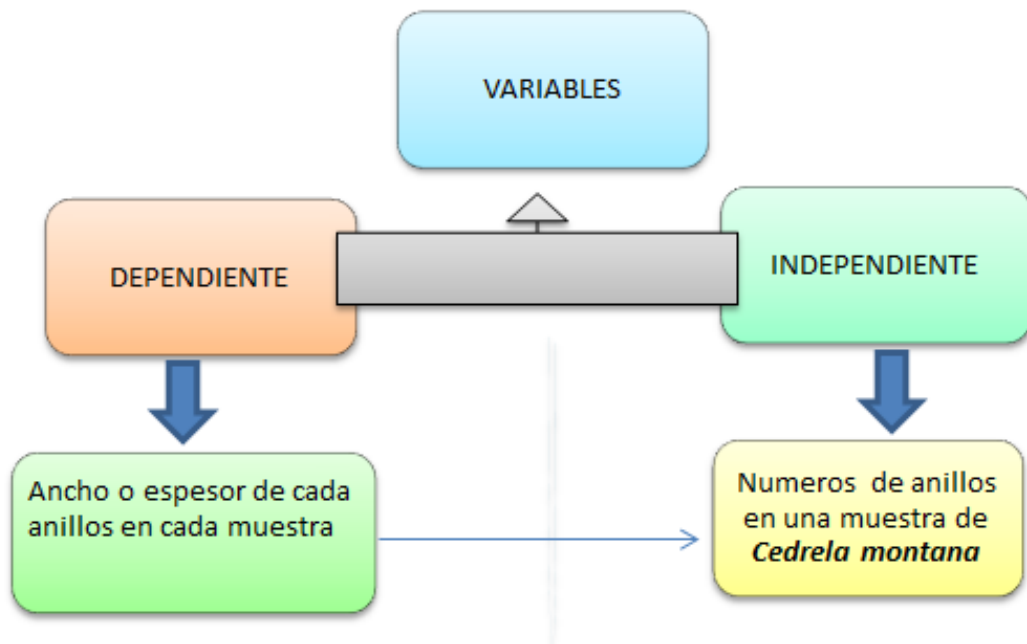
Ventanas utilizadas para el proceso de medición de muestras. Primero se calibra la imagen, a continuación se va midiendo el ancho de los anillos y la ventana de los resultados obtenidos.

5.4 Factores de Estudio

La dendrocronología en este aspecto es una fuente de datos útil para determinar sucesos del pasado, aplicados como sensores medioambientales, sociales y económicos más importantes de los últimos años. En esta investigación lo fundamental es determinar la edad de los árboles de *Cedrela montana* y tenemos como variables.

Variable independiente es el número de anillos en una muestra desde corteza hasta la medula de madera de tronco de *Cedrela montana*, lo que representa la edad del árbol en años y cantidad de anillos.

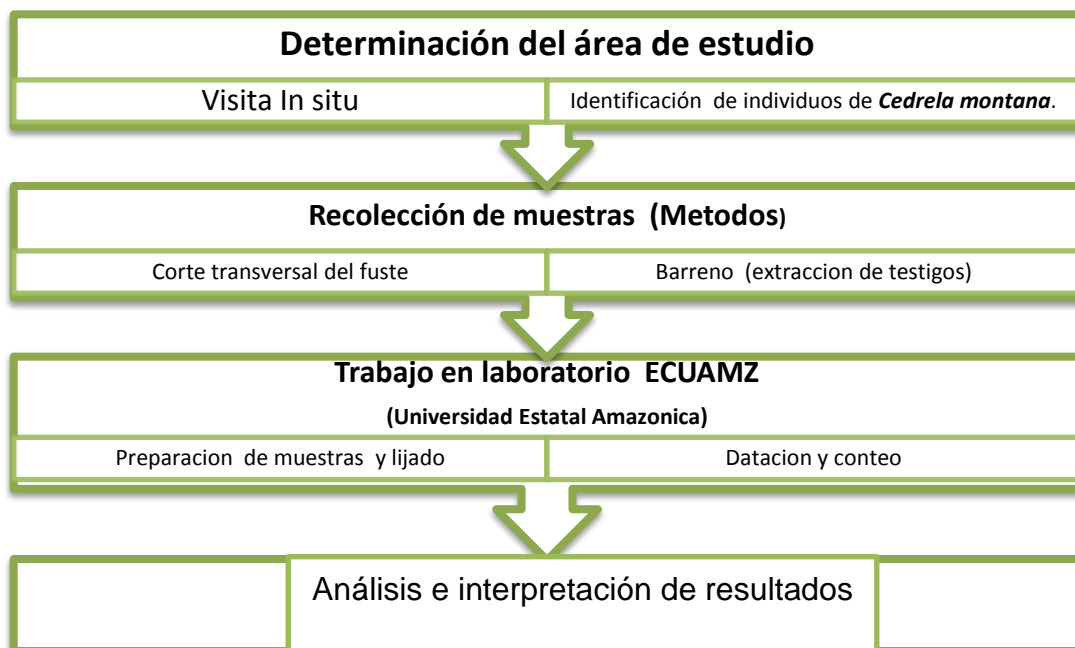
Variable dependiente es el ancho o espesor de cada anillo en cada muestra de tronco de *Cedrela montana*, lo que representa el incremento radial durante el año estacional. La tasa de crecimiento es el incremento anual promedio durante un periodo determinado de años.



Cuadro 1. Variables del proyecto, dependiente e independiente.

5.5 Diseño Experimental

Los antecedentes antes mencionados nos indican que la dendrocronología es la forma más precisa de estudiar factores abióticos del pasado, la formación de anillos de crecimiento en arbustos de *Cedrela montana*, por lo tanto a continuación se detalla en diagrama los pasos a seguir en la investigación.



Cuadro 2. Técnica aplicada en esta investigación de dendrocronología en *Cedrela montana*.

5.6 Mediciones Experimentales

Con los datos obtenidos en la medición de los anchos de los anillos de crecimiento, se procedió a obtener el crecimiento acumulado (CA), que es la sumatoria del ancho de los anillos de crecimiento.

Por tanto el crecimiento acumulado (CA) se expresa de la siguiente manera:

$$CA = \Sigma A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

Dónde: CA=Crecimiento acumulado

A₁=es el ancho del primer anillo de crecimiento,

A₂= el del segundo anillo y

A_n= el ancho del anillo formado al año n.

Luego se ordenó por la edad biológica, en el entendido que la edad biológica representa el asignar el año 1 al primer anillo en cada muestra y así sucesivamente para cada anillo. Para obtener el incremento medio anual (IMA), resulta de dividir el crecimiento acumulado anual (CAD) para el año t por t años.

Como se muestran en las siguientes ecuaciones:

$$IMA = CA / t$$

Además con los datos de conteo de ancho y cantidad de anillo se obtuvo promedio, la varianza expresada en desviación estándar.

5.7 Manejo de Experimento

Esta investigación no tiene un procedimiento o manual a seguir, se detalla un proceso como se realizó este experimento.

- Las muestras se obtuvieron con la motosierra la misma que permitió tener rodajas de *Cedrela montana*, para mejor manejo de visión del leño. Para las muestras de testigos se empleó barreno en arboles vivos.
- En el laboratorio ECUAMZ de la Universidad Estatal Amazónica se pulió las muestras con liga de diferente granulometría y lijadora eléctrica hasta tener mejor visión de los anillos de crecimiento.

- Se observa los anillos de crecimiento utilizando estéreo microscopio y lupa, se va observando la parte más apropiado para trazar un radio desde la corteza hasta la medula de la muestra.
- En un scanner de alta resolución de toma una imagen de la muestra seleccionada anteriormente y se guarda en una carpeta para posterior proceso.
- Se hace una medición de ancho y cantidad de anillos de crecimiento con el programa IMAGEJ. En el proceso de manejo de IMAGEJ existen factores que debemos tomar en cuenta para que los resultados sean veredictos.
 - ✚ Descargar el programa de IMAGEJ
 - ✚ Calibración de la imagen
 - ✚ Medición de la imagen (ancho de anillos)
- Análisis y verificación de datos obtenidos de la medición con el programa IMAGEJ.

5.8 Análisis Económico

Se realizó el cálculo del costo que se requiere la investigación, que muestra un cuadro en el anexo 1.

6. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En esta investigación se cumplió los objetivos planteados, a través de métodos antes mencionados se percibió los siguientes resultados. Primeramente se obtuvieron las muestras de *Cedrela montana*, en la que se observó una amplia gama de tonalidades; el duramen varía entre castaño y rosado. Con el paso de tiempo en el proceso de secado de la humedad la madera se oscurece por oxidación en su exhibición al aire.

Los anillos de crecimiento son demarcados, los poros o vasos varían en su distribución de difusa a semi-circular. Algunas muestras presentan porosidades homogéneas en hileras continuas y alternas. Fotografías tomadas de la sección transversal de la muestra de *Cedrela montana* con microscopio electrónico presenta anillos de crecimiento demarcados como se observa en el gráfico.

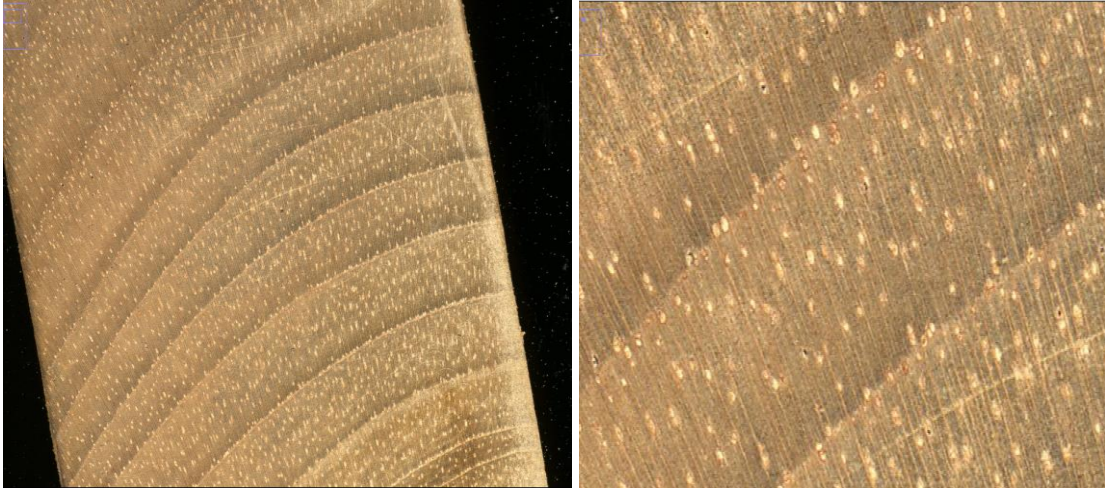


Figura 11. Ancho de anillos de crecimiento, corte transversal de *Cedrela montana* observado en un estereoscopio.

6.1 Manejo de Anillos Falsos

Las dificultades en las mediciones fueron los anillos falsos y la presencia de aletones o contrafuertes que alteraron los resultados, se inquirió la parte más adecuada de la muestra con prioridad de un error mínimo para la investigación. Esta dificultad es común en la investigación de dendrocronología, encontrar anillos falsos o parte de aletones que tienen anillos muy anchos. La cantidad de anillos varían después de las mediciones tomadas de las mismas muestras pero de diferentes partes del fuste, algunos resultados están dentro del rango pero en algunos casos la relación es bastante extensa en la cantidad de anillos, para el análisis de resultados entre árboles se tomará la muestra con mayor cantidad de anillos.



Figura 12. Corte transversal de una muestra de *Cedrela montana*.

Un corte transversal donde se ve claramente los anillos y las dificultades que debe superar en este trabajo, antes de un resultado en las mediciones.

En la figura 4.2 es una imagen de corte transversal de un fuste, lo más resaltante de la muestra son los anillos y su transcurso circular que en partes se observa perfectamente, pero en tan corta distancia llega apegarse entre anillos dificultando la medición. Por tal razón existe los deslices en las mediciones, y siendo la desventaja más dura de esta investigación. También se observa con claridad los veteados y la formación de anillos anuales que presentan las plantas de cedro. Por último hay una mancha oscura que opaca en el centro de la imagen, esto se conoce como cicatrices que lleva marcada por los factores ambientales que actúan como fuerzas tallistas del número y tamaño de los elementos constitutivos del xilema y en consecuencia, existe un gran potencial para derivar información climática a partir de otros caracteres anatómicos de la madera más allá del ancho de los anillos.

La dendrocronología es una excelente herramienta que permite revisar las trayectorias de crecimiento diamétrico de cada árbol durante el lapso de vida. A continuación se analiza la velocidad de crecimiento de las 34 muestras seleccionadas de rodajas (árboles caídos) y testigo (árboles vivos).

La estructura anatómica de *Cedrela montana* se identifica por tener madera temprana y madera tardía la primera es más opaca que la madera tardía, los anillos de crecimiento son visibles a simple vista, por tener porosidad difusa y variabilidad en los anillos de crecimiento (Pereyra *et al.*, 2013), siendo por lo general estrechos próximos a corteza y medula lo que demuestra que son perceptivos a los factores climáticos y se observa cicatrices causados por disturbios pasados (Brauning *et al.*, 2009).

Es muy importante la dendrocronología para la ciencia en la actualidad porque los árboles guardan secretos íntimos que ocurrieron durante el transcurso de su vida, muchas veces no están registrados en archivos históricos de la humanidad. Con esta técnica podemos transitar al pasado y predecir futuros desastres. El árbol es como una estación lo que tenemos que hacer es interpretarlos.

En microscopios se observó anillos falsos, discontinuos de los anillos de crecimiento (López, 2011), que tienen características similares a las bandas anuales y pueden ser fácilmente confundidas como anillos anuales (Figura 12). También se encontró crecimiento excéntrico o sobre posición de los anillos, lo que tardó su identificación y medición, alterando los datos de la cantidad de anillos.

6.2 Análisis de Muestras de Rodajas

Los datos obtenidos de las 23 muestras de rodajas de árboles en la población de *Cedrela montana* que fueron cortados en 2012 para el tendido eléctrico de la zona, se va retrocediendo los años e igual que los anchos de anillos, teniendo la certeza que la *Cedrela montana* forma anillos anuales, los datos se detallan a continuación.

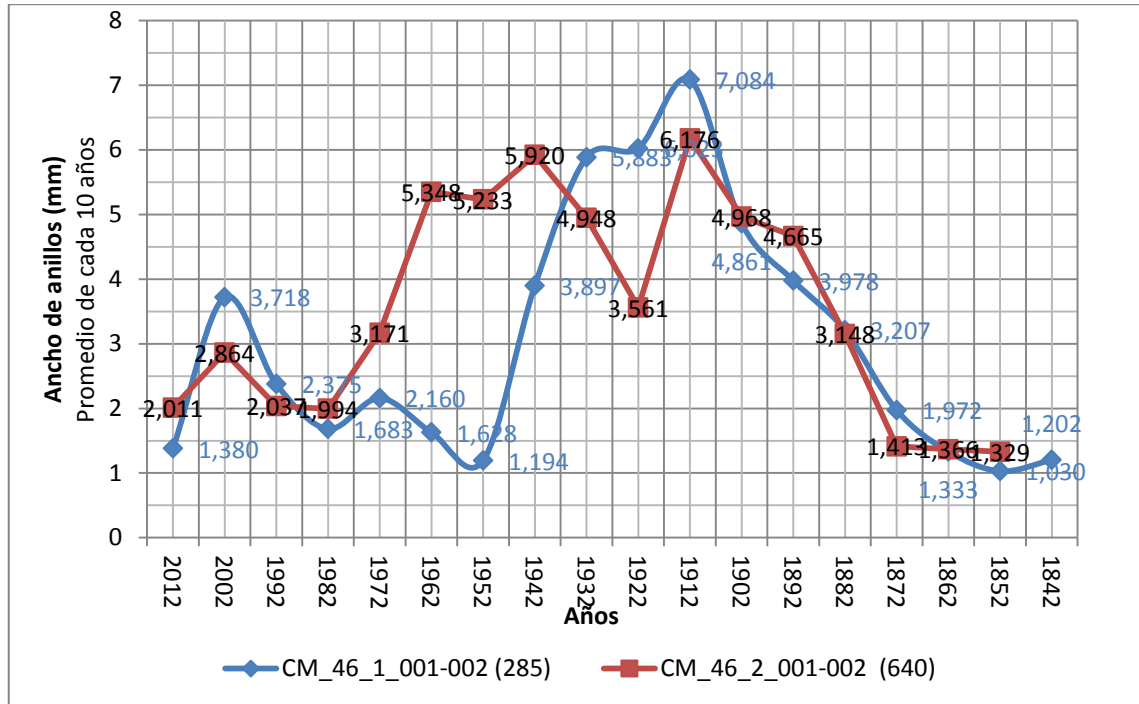


Figura 13. Cronología maestra de dos muestras de rodajas del mismo árbol.

Se representan muestras de rodajas del árbol CM_46, tomado de 2 partes diferentes de la rodaja, el promedio de cada 10 años de ancho de los anillos de crecimiento en milímetros. Las muestras indican uniformidad. Los datos que están dentro del paréntesis en la identificación de muestras es resultado de la medición radial de línea recta desde la corteza hasta el centro de la medula de la rodaja (crecimiento acumulado en milímetros).

En la figura 13 el resultado de las muestras nos indica uniformidad en las dos muestras tomadas de la dos partes diferentes del fuste, existe una alteración en cuanto a la cantidad de anillos (167 y 173) en la medición, probablemente existan anillos falsos o en partes donde los anillos se juntan dejando ver con poca claridad y la dificultad para contar, se tomara los datos de la muestra que tiene más cantidad de anillos para su análisis. Observando el ancho de anillos de las dos muestras existe variabilidad en toda la vida, pero el crecimiento excéntrico en estas dos muestras es de 7.04 mm en el promedio de año 1992 y así el promedio de anillos más estrecho es 1.03mm en el promedio de año de 1842.

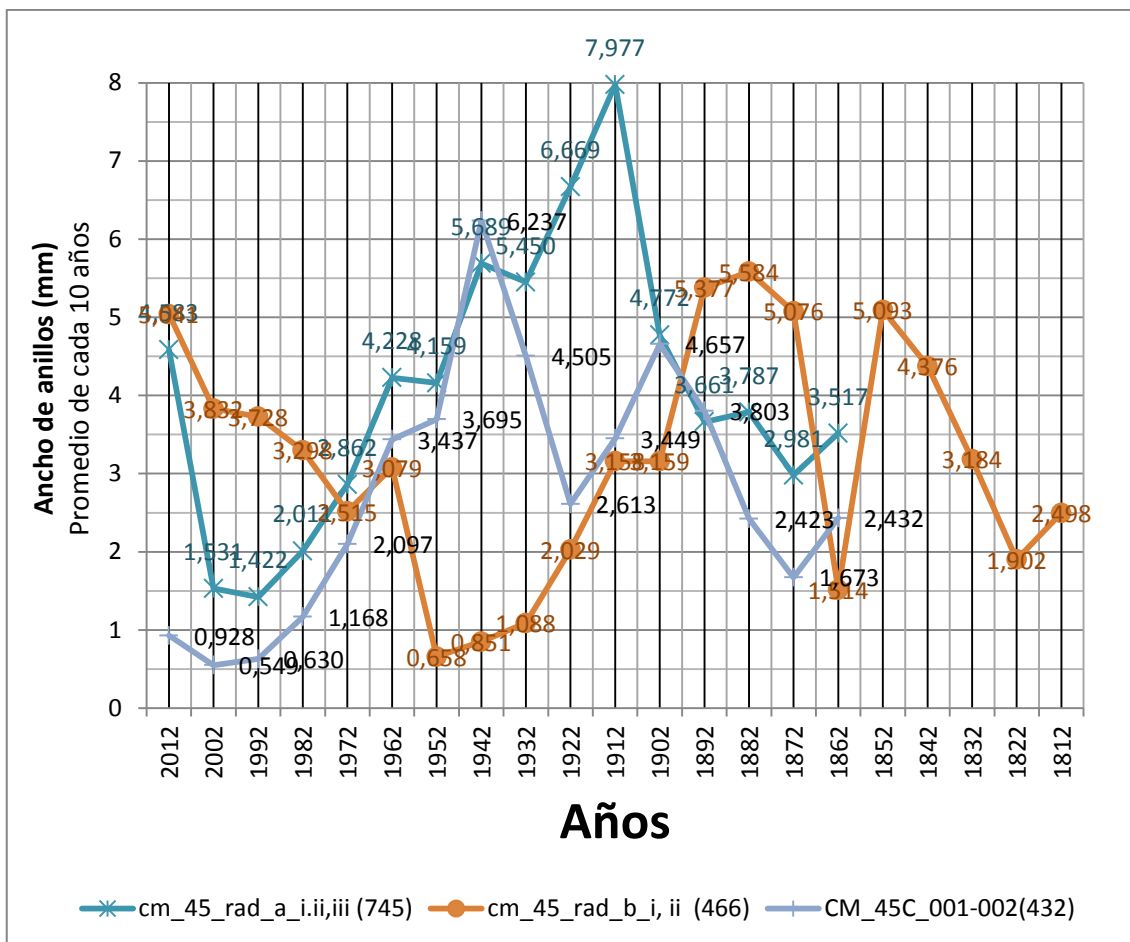


Figura 14. Cronología maestra de tres muestras de rodajas del mismo árbol.

En este cuadro están representadas muestras de rodajas del árbol cm_45_rad, tomado de 3 partes diferentes de la rodaja, el promedio de cada 10 años de ancho de los anillos de crecimiento en milímetros. La muestra cm_45_rad_a_i,ii,iii, se observa disparidad en el promedio de año 1912, con el ancho del anillo excéntrico de 7.97 mm y el valor mínimo de ancho de anillo es 0.54 milímetros. El resto de muestras indican uniformidad. Los datos que están dentro del paréntesis en la identificación de muestras es resultado de la medición radial de línea recta desde la corteza hasta el centro de la medula de la rodaja (crecimiento acumulado en milímetros).

En la figura 14 los resultados de las muestras nos indica discrepancia en ancho de anillos en las tres muestras tomadas de la tres partes diferentes del fuste, existe una alteración en cuanto a la cantidad de anillos (153, 160 y 205) en la medición, probablemente existan anillos falsos o en partes donde los anillos se juntan dejando ver con poca claridad y la dificultad para contar, se tomara los datos de la muestra que tiene más cantidad de anillos para su análisis.

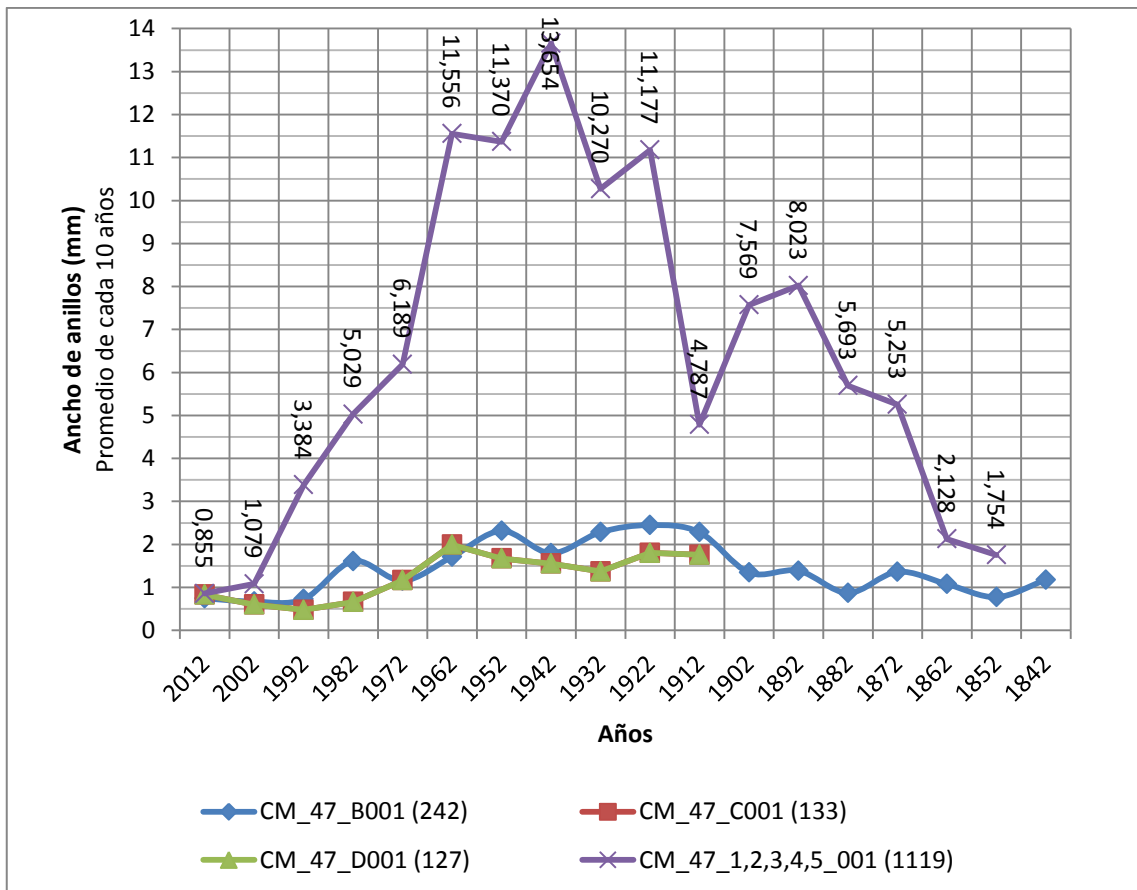


Figura 15. Cronología maestra de cuatro muestras de rodajas del mismo árbol.

En este cuadro están representadas muestras de rodajas del árbol cm_47, tomado de 4 partes diferentes de la rodaja, el promedio de cada 10 años de ancho de los anillos de crecimiento en milímetros. La muestra CM_47_1,2,3,4,5_001, se observa disparidad y crecimiento excéntrico toda la etapa de la vida, en relación a las tres muestras, el valor mínimo de ancho de anillo es 0.48 milímetros. Los datos que están dentro del paréntesis en la identificación de muestras es resultado de la medición radial de línea recta desde la corteza hasta el centro de la medula de la rodaja (crecimiento acumulado en milímetros).

En la figura 15 se observa una variación en ancho de anillos entre las muestras, hay que resaltar que la muestra CM_47_1,2,3,4,5_001, tiene un crecimiento excéntrico en casi la mayoría de sus años, analizando las muestras originales se obtuvo a concluir que es la parte de los aletones que tiene los fuste que están cercanos al suelo para el soporte de los árboles. Existe una alteración en cuanto a la cantidad de anillos (102, 107, 164 y 174), en la medición, probablemente a que existan anillos falsos o en partes donde los anillos se juntan dejando ver con poca claridad y la dificultad para contar, se tomara los datos de la muestra que tiene más cantidad de anillos para su análisis. En estas muestras se observa dos tipos de muestras que se asemejan en cantidad de anillos, según el gráfico las dos muestras tienen 102 y 107 años que están cercanos en relación

a las dos muestras llegan a 164 y 174 notando una diferencia. En este caso podemos recalcar que se volvió analizar los datos otra vez obteniendo valores cercanos lo que se tomó la decisión de que posiblemente las dos muestras con menor cantidad de anillos no estaban completas refiriéndonos desde la corteza hasta la medula, debido a que cuando se realiza corte las muestras se rompen provocando el error.

En la medición se halló crecimiento excéntrico, los anchos de anillos están fuera del rango de la mayoría de los anillos. Se registra un crecimiento excéntrico (Figura 15) máximo de 13.65 milímetros de crecimiento radial (anual) en una muestra individual, comparando con la tasa de crecimiento promedio anual que se obtiene (Cuadro 6) de 3.98 milímetros en la zona de estudio de Cuyuja, existe una diferencia de 343% mayor al promedio.

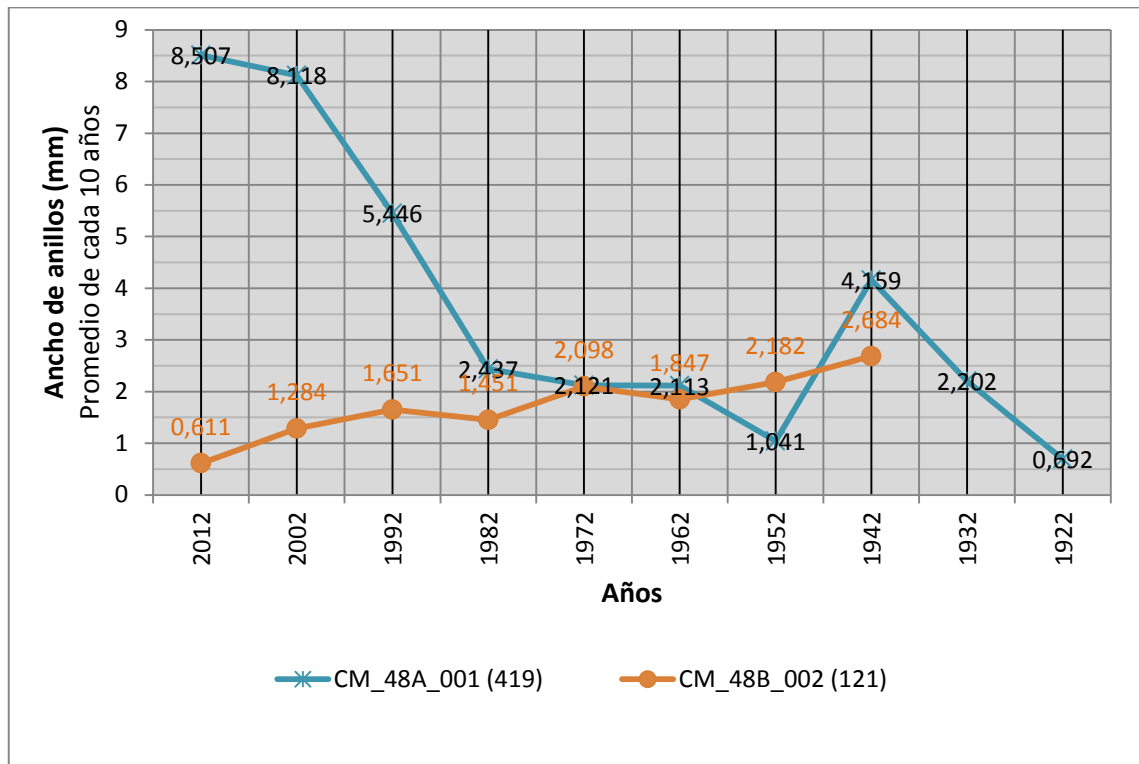


Figura 16. Cronología maestra de dos muestras de rodajas del mismo árbol.

En este cuadro están representadas muestras de rodajas del árbol cm_48, tomado de 2 partes diferentes de la rodaja, el promedio de cada 10 años de ancho de los anillos de crecimiento en milímetros. Los datos que están dentro del paréntesis en la identificación de muestras es resultado de la medición radial de línea recta desde la corteza hasta el centro de la medula de rodaja (crecimiento acumulado en milímetros).

En la figura 16 los resultados de las muestras nos indica discrepancia en ancho de anillos en las dos muestras tomadas de la tres partes diferentes del fuste, existe una alteración en cuanto a la

cantidad de anillos (99 y 76) en la medición, probablemente a que existan anillos falsos o en partes donde los anillos se juntan dejando ver con poca claridad y la dificultad para contar, se tomara los datos de la muestra que tiene más cantidad de anillos para su análisis.

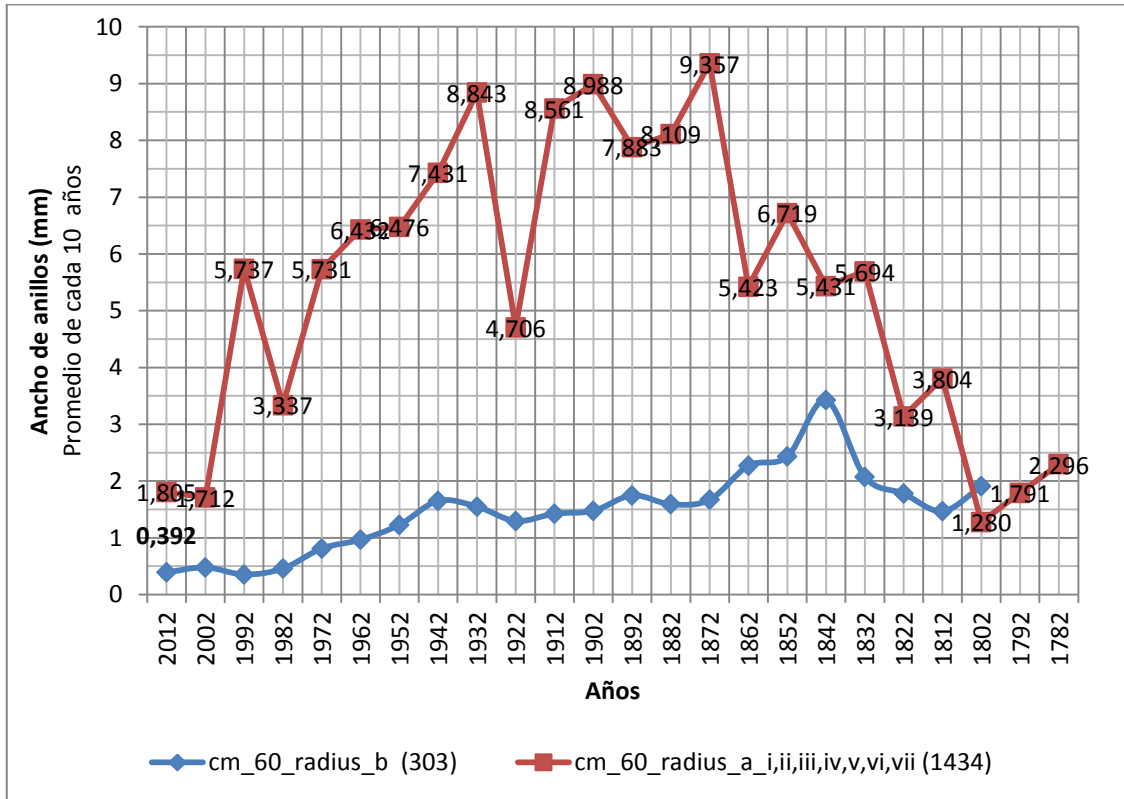


Figura 17. Cronología maestra de dos muestras de rodajas del mismo árbol.

En este cuadro están representadas muestras de rodajas del árbol cm_60, tomado de 2 partes diferentes de la rodaja, el promedio de cada 10 años de ancho de los anillos de crecimiento en milímetros. Los datos que están dentro del paréntesis en la identificación de muestras es resultado de la medición radial de línea recta desde la corteza hasta el centro de la medula de rodaja (crecimiento acumulado en milímetros).

En la figura 17 los resultados de las muestras nos indica discrepancia en ancho de anillos en las dos muestras tomadas de la tres partes diferentes del fuste, existe una alteración en cuanto a la cantidad de anillos (231 y 212) en la medición, probablemente a que existan anillos falsos o en partes donde los anillos se juntan dejando ver con poca claridad y la dificultad para contar, se tomara los datos de la muestra que tiene más cantidad de anillos para su análisis. La muestra cm_60_a, tiene anillos más anchos en relación con la otra muestra, marcando diferencia notable en toda la vida. Pero lo más sorprendente es que se llega a cruzar las líneas de ancho de anillos en las etapas inicial (1802), llegando marcar de promedio de 1.28 mm anuales. En esta

representación se observa un crecimiento excéntrico mayor de 9.36 mm y el anillo más estrecho es de 0,39 mm marcado en el año 2012.

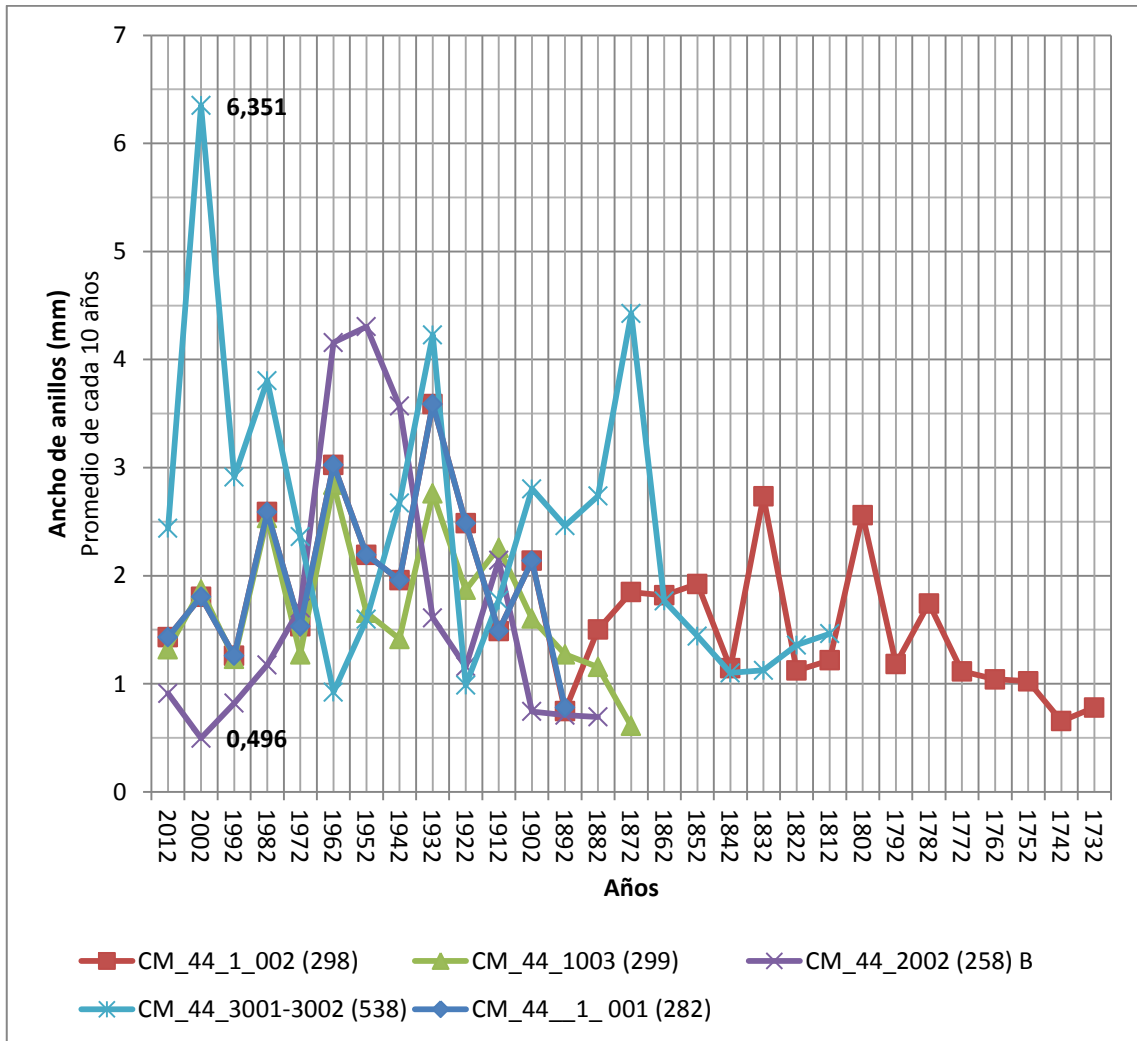


Figura 18. Cronología maestra de cinco muestras de rodajas del mismo árbol.

En este cuadro están representadas muestras de rodajas del árbol CM_44, tomado de 5 partes diferentes de la rodaja. El promedio de cada 10 años de ancho de los anillos de crecimiento en milímetros. La muestra CM_44_3001-3002 se observa disparidad en el promedio de año 2002, con el ancho del anillo excéntrico de 6.35 mm y el valor mínimo de ancho de anillo es 0.5 milímetros. El resto de muestras indican uniformidad. Los datos que están dentro del paréntesis en la identificación de muestras es resultado de la medición radial de línea recta desde la corteza hasta el centro de la medula de rodaja (crecimiento acumulado en milímetros).

En la figura 18 están representadas 5 muestras de mismo árbol pero tomados de diferentes partes del fuste, los resultados no se observa uniformidad en ancho de los anillos en relación a

los años estimados, se debe que las plantas no desarrolla igual todo, alrededor del fuste. Analizando la cantidad de anillos pues cabe reconocer que la muestra CM_44_1_002, tiene mayor cantidad de anillos o años (289) de todas las muestras de esta investigación. En esta representación se observa un crecimiento excéntrico mayor de 6.35 mm en la muestras CM_44_3001-3002 en el año 2002, el anillo más estrecho es de 0,5 mm marcado en el año 2002 en la muestra CM_44_2002. Existe una alteración en cuanto a la cantidad de anillos (129, 289, 145, 140 y 206), en la medición probablemente existan anillos falsos o en partes donde los anillos se juntan dejando ver con poca claridad y la dificultad para contar, se tomara los datos de la muestra que tiene más cantidad de anillos para su análisis. En estas muestras se observa dos tipos de muestras que se asemejan en cantidad de anillos, según el grafico las tres muestras tienen 129, 140 y 145 años que están cercanos en relación a las dos muestras llegan a 206 y 289 notando una larga diferencia. En este caso podemos recalcar que se volvió analizar los datos otra vez obteniendo valores cercanos lo que se tomó la decisión de que posiblemente las tres muestras con menor cantidad de anillos no estaban completas refiriéndonos desde la corteza hasta la medula, debido a que cuando se realiza corte las muestras se rompen provocando el error.

En lo referente a la cantidad de anillos entre otras muestras de mismo tronco del árbol existe una variación o error de manejo de la medición, según análisis de Gutiérrez (2013), experta en estudios de la dendrocronología, descubre que estos casos son comunes y pueden ser por la complejidad en la identificación de los anillos, pueda que exista dos anillos en la parte que da por una, pueda encontrarse años ausentes y por último se supondrá alguna alteración no ambiental afecto al árbol, en estos casos lo recomendable es apartar la muestra; pero en este proceso se apuesta dejar visto las muestras para analizarlo y demostrar las diferencias que un investigador debe decidir para su análisis.

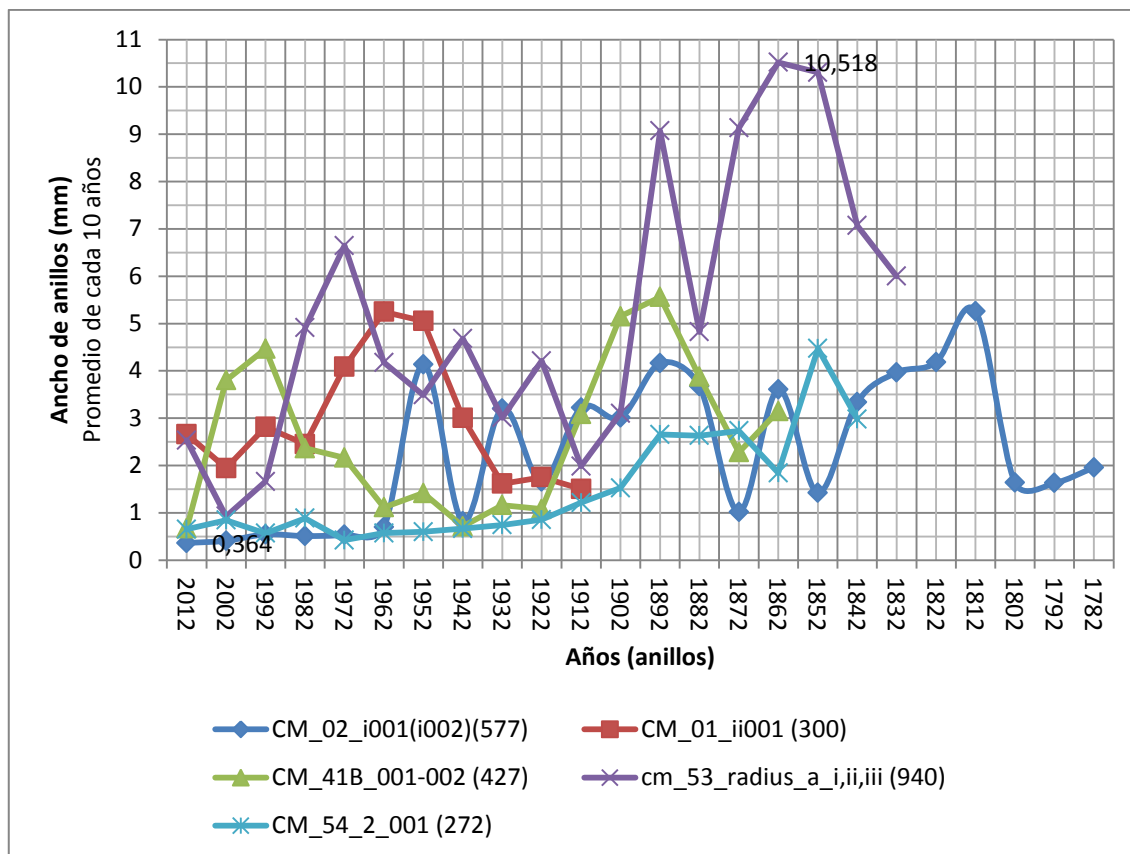


Figura 19. Cronología maestra de cinco muestras de rodajas de diferentes árboles.

En este cuadro están representadas las 4 muestras de rodajas, el promedio de cada 10 años de ancho de los anillos de crecimiento en milímetros. La muestra cm_53_radius_a_i,ii,iii, se observa disparidad en el año 1892, 1872, 1862 y 1852, con el ancho del anillo excéntrico de 10.5 mm y el valor mínimo de ancho de anillo es 0.36 milímetros. El resto de muestras indican uniformidad. Los datos que están dentro del paréntesis en la identificación de muestras es resultado de la medición radial de línea recta desde la corteza hasta el centro de la medula de rodaja (crecimiento acumulado en milímetros).

De los 5 árboles de la figura 19 nos indica una similitud en ancho de los anillos de crecimiento en los años últimos de corte 2012 a 1992, esto nos lleva a finalizar que en los últimos 20 años de vida del árbol tienden a un crecimiento uniforme entre todas las muestras. En los años siguientes una diferencia notable en cuanto al ancho de los anillos comparando con otras muestras, pero en los años 1912 a 1902 se llegan agrupar e inclusive cruzan las líneas del ancho de los anillos. Analizando los primeros años de vida cuando recién nace cada planta se observa un crecimiento alto en ancho de los anillos lo que nos da entender que las plantas de *Cedrela montana* en esta zona, a corta edad tienen un crecimiento acelerado.

6.3 Análisis de las Muestras Obtenidas con Barrenos (Testigos)

A continuación se detallan los resultados de las 11 muestras obtenidos a través de un barreno Pressler de los árboles vivos. Cabe recalcar que la cronología maestra está dividida en diferentes partes por la complejidad para la representación.

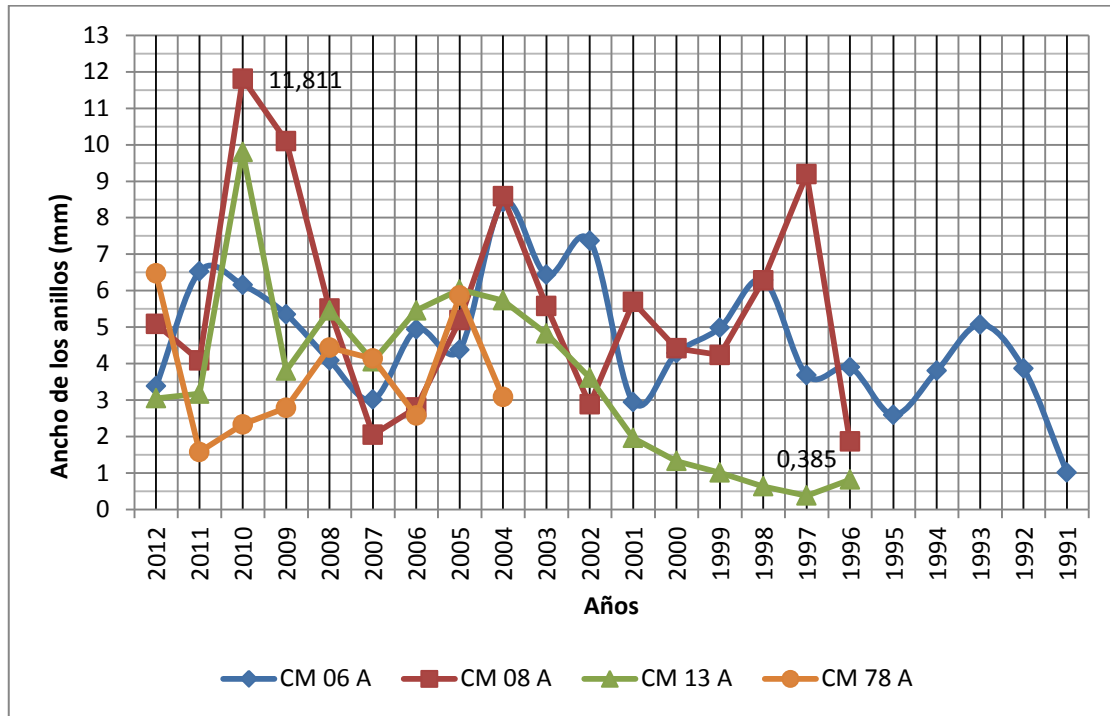


Figura 20. Cronología maestra de cuatro muestras de testigos de diferentes árboles.

En este cuadro están representadas las 4 muestras de testigos, los anillos de crecimiento que esta expresado en milímetros; en relación a los años desde 2012 hasta 1991. Las muestras indican uniformidad entre las muestras, el valor mínimo de ancho de anillo es la muestra CM 13 A con 0.385 mm y el anillo más ancho está en la muestra CM 08 A, de 11.81 milímetros.

De los 3 árboles de la figura 20 nos indica una similitud en ancho de los anillos de crecimiento, esto nos lleva a finiquitar que en los últimos 20 años de vida de los árboles tienden a un crecimiento variado entre todas las muestras. Analizando los primeros años de vida cuando recién nace cada planta se observa un crecimiento alto en ancho de los anillos lo que nos da entender que las plantas de *Cedrela montana* en esta zona, a corta edad tienen un crecimiento acelerado. En la muestra CM 08 A, se observa un crecimiento excéntrico llegando alcanzar 11.8 milímetros.

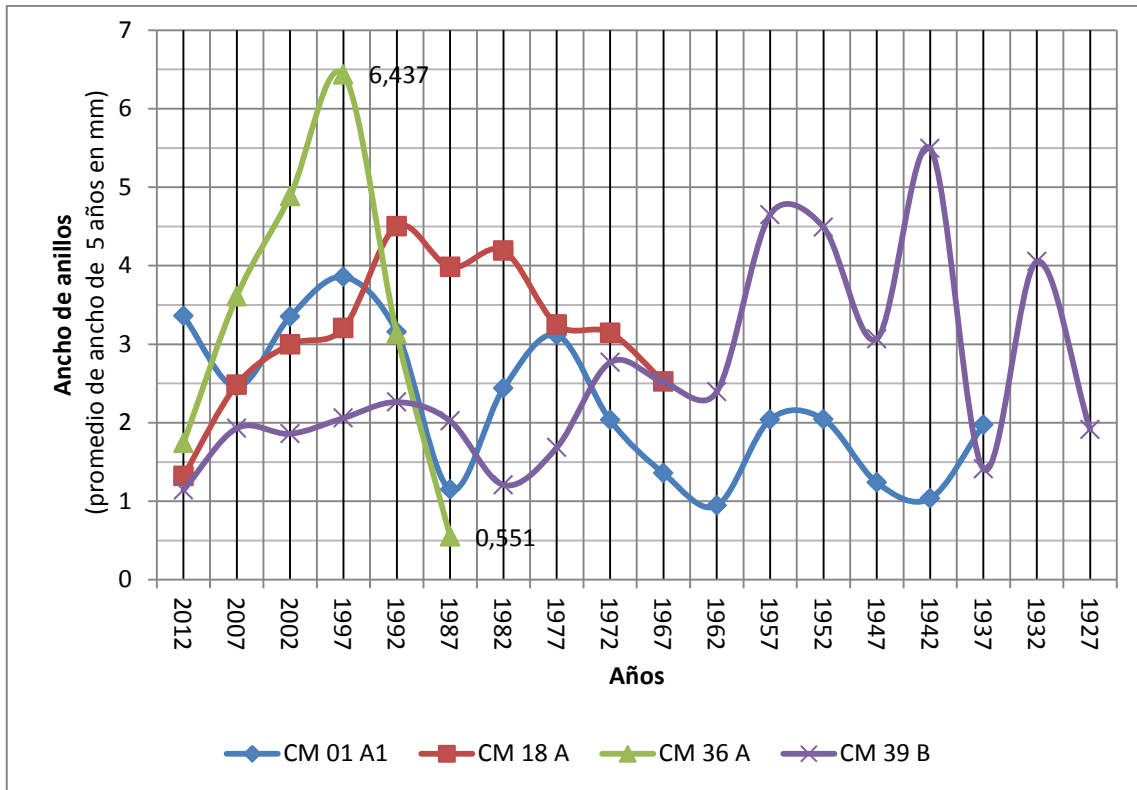


Figura 21. Cronología maestra de cuatro muestras de testigos de diferentes árboles.

En este cuadro están representadas las 4 muestras de testigos, los anillos de crecimiento que está expresado en milímetros; en relación a los años desde 2012 hasta 1927. La muestra CM 36 A se observa disparidad en el año 1997, el ancho del anillo es elevado llegando hasta 6.437 mm. El resto de muestras indican uniformidad durante los años de vida, el valor mínimo de ancho de anillo es 0.551 milímetros.

De los 3 árboles de la figura 21 nos indica una similitud en ancho de los anillos de crecimiento, esto nos lleva a finalizar que en los últimos años de vida los árboles tienden a un crecimiento similar entre todas las muestras. Analizando los primeros años de vida cuando recién nace cada planta se observa un crecimiento alto en ancho de los anillos lo que nos da entender que las plantas de *Cedrela montana* en esta zona, a corta edad tienen un crecimiento acelerado excepto la muestra CM 36 A, que solo llega a 0.55m; pero en la misma muestra CM 36 A, se observa un crecimiento excéntrico llegando alcanzar 6.44 milímetros en el año de 1997. Se observa la cantidad de anillos y ancho de anillo, existe una disparidad en comparación con otras muestras por razones que en corta edad las plantas de *Cedrela montana* tienden a un crecimiento acelerado según las condiciones en las que se encuentre situada.

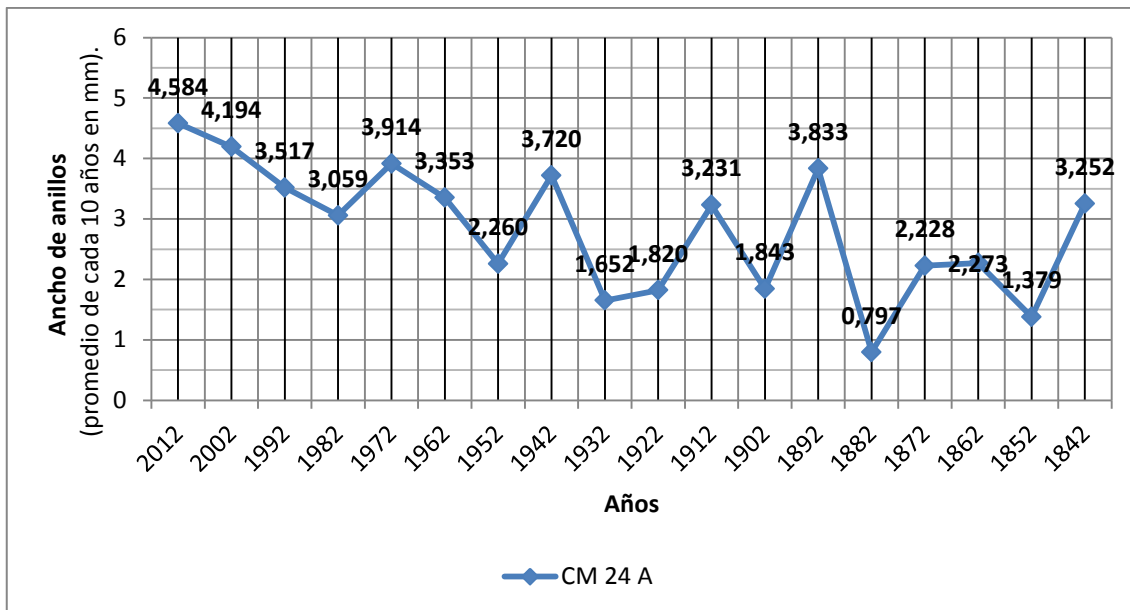


Figura 22. Cronología maestra de una muestra de testigo que sobrepasa los 100 Anillos (años).

En la figura 22 está representada una muestra de testigo, los anillos de crecimiento que esta expresado en milímetros, obtenido el promedio de cada 5 años; en relación a los años desde 2012 hasta 1842. En la muestra se observa en el promedio del año 2012 el ancho del anillo es elevado de 4.5 mm, el ancho mínimo del anillo es 0.7 mm en el promedio del año 1882.

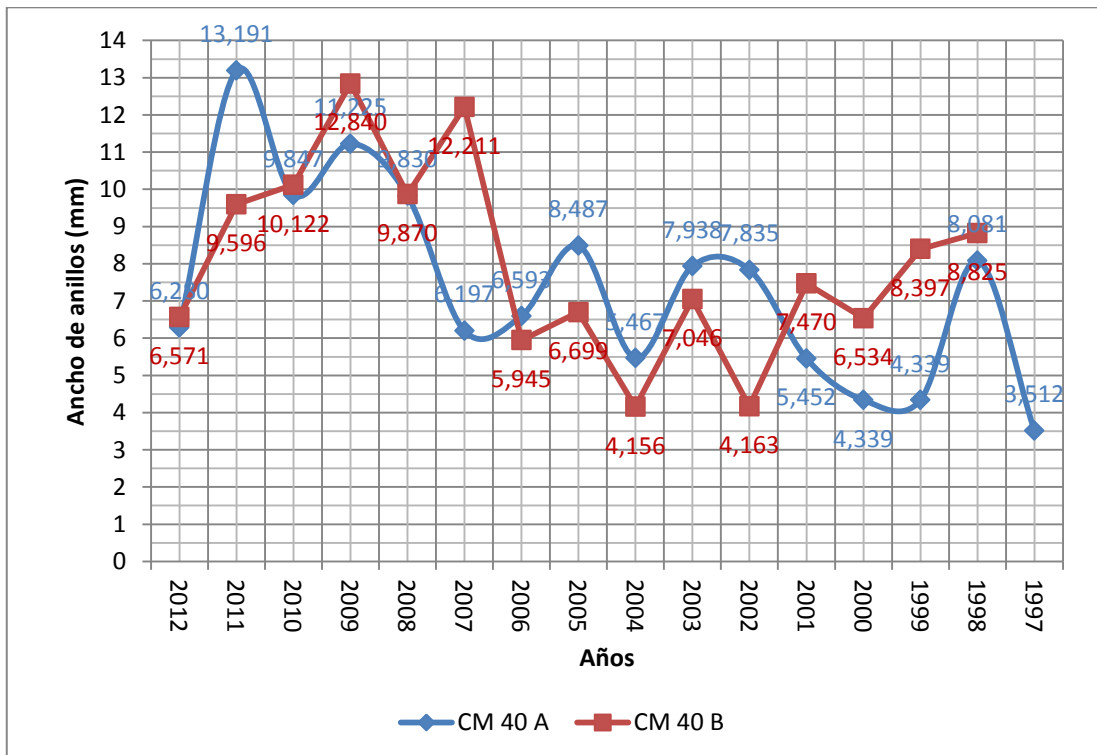


Figura 23. Cronología maestra de dos muestras de testigos del mismo árbol.

En este cuadro están representadas dos muestras de testigo del mismo árbol tomado de diferentes partes del fuste, los anillos de crecimiento que esta expresado en milímetros; en relación a los años desde 2012 hasta 1997. La muestra se observa en el año 2012 el ancho del anillo es elevado llegando hasta 13.19 mm, el valor mínimo de ancho de anillo es 4.15 mm en el año 2004.

Comparando datos de la figura 23, existe uniformidad en todas las etapas de la vida, esto no lleva a concluir que el crecimiento de la planta es similar en los dos costados. Para obtener los testigos con un barreno Pressler, es difícil determinar el centro del árbol ya que algunos troncos la medula lleva a un costado, si esto sucede, las muestras no son completas y alteran los resultados. Estos pequeños detalles son unas de las desventajas del uso del barreno, en la figura 24, se observa un fuste cortado transversalmente, se distingue claramente como sobrepasa el barreno por la planta, en este caso representa a la obtención de la muestra de la figura 23.

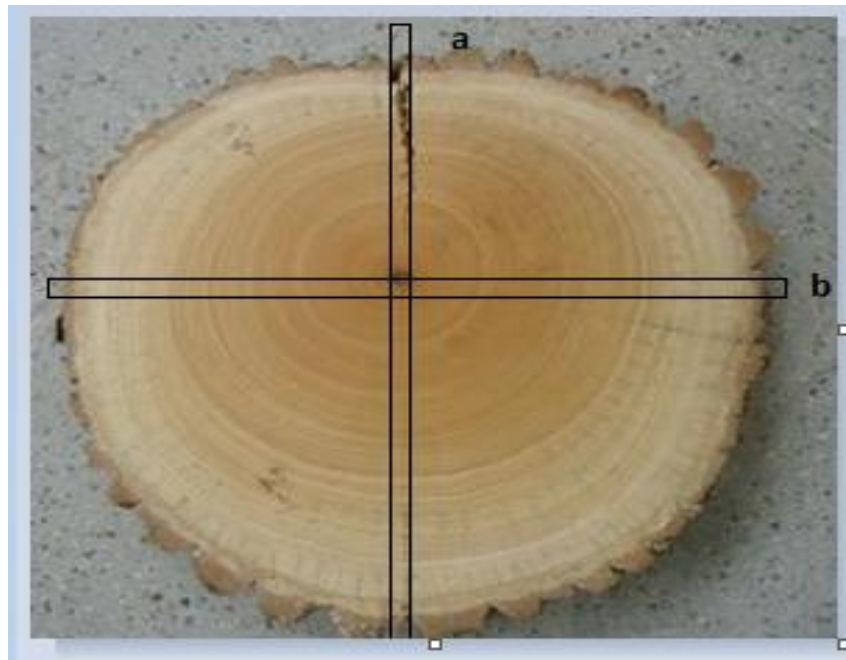


Figura 24, Dibujo de la dirección de toma de testigos con barreno en un fuste.

Los resultados del estudio de dendrocronología de *Cedrela montana* indican que en esta zona, alcanzo tasas de crecimiento variables interanuales, notándose crecimientos superiores o inferiores a la media. Los factores pueden ser la mayor precipitación, crecimiento excéntrico, área donde se toma la muestra en el fuste y los anillos falsos.

Analizando la relación clima-ancho de anillos se descarta una comparación valida, por razones basadas en registros de temperatura y precipitación de estación meteorológico Papallacta (Figura 4 y 5), en esta zona es de alta precipitación durante todo el año, la temperatura es la adecuada para hábitat de *Cedrela montana* y el sitio donde se desarrolla la planta es una zona

antrópica intervenida con pastos para animales vacunos. La comparación de factores climáticos en relación al ancho de crecimiento de los anillos por lo general se realiza en sitios donde exista notables diferencias (épocas lluvias y sequías) de estaciones climáticas (Pereyra *et al.*, 2013). Los registros de estación meteorológicas (Cuyuja y Papallacta) no existen datos desde los 1723 que aproximadamente existieron las plantas de *Cedrela montana*, según los anillos de crecimiento. Por otro lado, los árboles también podría responder a algunos factores de clima regional que no se refleja en serie de datos del clima local (Brauning *et al.*, 2009).

6.4 Datos de los Resultados de la Medición de las Rodajas

En el siguiente cuadro se observan crecimiento acumulado (CA), cantidad de anillos (años), incremento medio anual (IMA) y desvío estándar para cada una de las especies estudiadas, las 23 muestras de rodajas.

MUESTRAS	(CA) Crecimiento acumulado en (mm)		Cantidad de anillos (años)	(IMA) Incremento medio anual en (mm)	Desviación estándar
CM_01_i	577	541,965	236	2,445	0,51
CM_01_ii	300	309,449	102	2,941	1,064
CM 41B 001-002	427	417,417	159	2,686	0,204
CM_44_1_001	282	262,034	129	2,186	0,057
CM_44_1_002	298	496,115	289	1,031	0,5195
CM_44_1_003	299	253,668	145	2,062	0,0405
CM_44_2_002 B	258	241,954	140	1,843	0,1375
CM_44_3001-3002	538	501,442	206	2,612	0,3
cm_45_rad_a_i,ii,iii	745	652,993	160	4,656	5,0995
cm_45_rad_b_i,ii,	466	657,891	205	2,273	1,144
CM_45C_(001-002)	432	425,932	153	2,824	1,6475
CM_46_1_(001-002)	285	538,847	173	1,647	0,4805
CM_46_2_001-002	640	597,536	167	3,832	0,115
CM_47_1,2,3,4,5_001	1119	1087,171	164	6,823	0,516
CM_47_B001	242	250,361	174	1,391	0,7455
CM_47_C 001	133	133,55	107	1,243	0,388
CM_47_D001	127	124,551	102	1,245	0,1385

CM_48A-001	419	367,67	99	4,232	3,653
CM_48B_001	121	127,347	76	1,592	3,3945
cm_53_radius_a_i,ii,iii	940	976,56	189	4,974	1,277
CM_54_2_002	272	268,82	180	1,511	2,3995
cm_60_radius_a_i,ii,iii,iv,v,vi, ,vii	1434	1286,164	231	6,208	0,8465
cm_60_radius_b	303	309,26	212	1,429	0,609
PROMEDIO (Tasa de crecimiento de rodajas)				2,769	1,099

Cuadro 3. Resultados de las mediciones de las muestras de rodajas

Se observa los resultados obtenidos de la medición de los anillos de crecimiento y las mediciones experimentales (CA, IMA, desviación estándar y cantidad de anillos del árbol). También se observa dos datos en CA, el primero es la medición desde la medula hasta la corteza con IMAGEJ directo una trazo resto y el segundo es la sumatoria de todos los anchos de los anillos de cada muestra, la misma lleva relación ambos datos expresado en milímetros.

Observando los resultados del cuadro 3 los datos más importantes es el IMA, que resulta de la división de crecimiento acumulado para la cantidad de anillos o años, esta deducción es muy importante de la cual se obtiene las tasas de crecimiento de las rodajas que se empleara para diferentes interpretaciones en esta investigación.

En este cálculo no se obtiene el incremento de crecimiento acumulado (ICA), el motivo se debe que la medición de los anchos de anillos no se realizó en línea recta desde la medula hasta la corteza (radio), se tuvo que desviar en muchos anillos por que se encontraba con anillos muy apegados difícil de identificar, la misma se debía seguir el transcurso del anillo hasta encontrar la parte donde se observa mejor.

6.5 Resultados de la Medición de las Muestras Obtenidas con Barreno

Cuadro con resultados de muestras de testigos de crecimiento acumulado (CA), cantidad de anillos (años), incremento medio anual (IMA) y desvío estándar para cada una de las especies estudiadas.

MESTRAS	Crecimiento acumulado (mm)		Cantidad de anillos	Incremento medio anual (mm) IMA	Diámetro (mm)	Desviación estándar
	CA					
CM 01 A1	212	181,099	81	2,617	658	0,787
	230	198,562	98	2,347		0,934
CM 06 A	114	102,545	22	5,182	201	1,183
	103	90,4445	22	4,682		0,221
CM 08 A	106	95,37	17	6,235	234	1,613
	178	141,219	19	9,368		1,752
CM 13 A	61	61,174	17	3,588	107	1,114
	51	51,237	14	3,643		0,452
CM 18 A	168	154,292	49	3,429	738	0,678
	315	303,366	127	2,480		0,131
CM 24 A	552	499,326	177	3,119	1170	1,470
CM 36 A	105	101,303	27	3,889	175	0,057
	108	105,415	28	3,857		0,045
CM 39 B	250	231,922	89	2,809	498	0,189
	82	75,26	51	1,608		0,649
CM 40 A	135	118,613	16	8,438	277	1,384
	186	148,957	17	10,941		0,584
CM 40 B	131	120,445	15	8,733	277	1,127
	161	148,016	18	8,944		1,578
CM 78 A	34	33,282	9	3,778	121	1,693
	102	69,763	11	9,273		1,672
			PROMEDIO (Tasa de crecimiento de las testigos)	5,189		0,919

Cuadro 4. Resultados de la medición de las muestras obtenidas con barreno.

Se observa los resultados obtenidos de la medición de los anillos de crecimiento y las mediciones experimentales (CA, IMA, desviación estándar, diámetro y cantidad de anillos del árbol).

Cabe recalcar que se observa dos datos en CA, el primero es la medición desde la medula hasta la corteza con IMAGEJ directo una trazo resto y el segundo es la sumatoria de todas las mediciones los anchos de los anillos de cada muestra, la misma lleva relación ambos datos expresado en milímetros. Cada muestra tiene dos datos, esto es por la razón que el barreno sobrepasa por el centro del árbol atravesando el diámetro del fuste y las mediciones se obtuvo de los dos lados de la muestra.

Observando los resultados del cuadro 4, los datos más importantes es el IMA, que resulta de la división de crecimiento acumulado para la cantidad de anillos o años, esta deducción es muy importante de la cual se obtiene las tasas de crecimiento de las rodajas que se empleara para diferentes interpretaciones en esta investigación.

En este cálculo no se obtiene el incremento de crecimiento acumulado (ICA), motivo se debe que la medición de los anchos de anillos no se realizó en línea recta desde la medula hasta la corteza (radio), se tuvo que desviar en muchos anillos por que se encontraba con anillos muy pegados difícil de identificar, la misma se debía seguir el transcurso del anillo hasta encontrar la parte donde se observa mejor.

Las series promediadas de los anillos de crecimiento mostraron alto crecimiento en arboles vivos en relación a los troncos cortados (rodajas), obteniendo un promedio general de 3.98 mm en cada radio (de corteza a medula), con una desviación estándar alto de 1.009 milímetros. A medida que los arboles van aumentando en diámetro, disminuye el promedio crecimiento radial anual (López *et al.*, 2011).

En la actualidad la degradación de los bosques con presencia de cedros, es un problema ambiental y económico causado principalmente por la corta selectiva sin planificación. La sostenibilidad de la producción maderera se logra extrayendo volúmenes que no excedan la capacidad productiva del bosque, para esto es necesario contar con herramientas de planificación de tala selectiva e imprescindible realizar planes de manejo forestal que tengan como fin la sustentabilidad del recurso.

Basándose en cuadro 4 se puede estimar la edad de las plantas vivas sin necesidad de cortar o sacar un testigo. Un ejemplo de ello es que se debe hacer una regla de tres de cantidad de anillos y el diámetro, tomamos la muestra CM 01 A1 que tiene 98 anillos con 658 milímetros de diámetro (DAP). Suponiendo que se toma una muestra de diámetro de 200 mm de una planta, ¿cuantos años tendrá la planta?

$$(98\text{anillos}\times 200\text{mm}) \div (658\text{mm})=29 \text{ anillos o años}$$

Comparando con otra muestra CM 36 A, que tiene 27 anillos y un diámetro de 175 mm existe coherencia entre los resultados aproximados.

Anillos o años	Diámetro (mm)	Muestra
98	658	CM 01 A1
29	200	Ejemplo
27	175	CM 36 A

Cuadro 5. Estimación de edad de un árbol a través de su diámetro.

Así se puede determinar la edad de las plantas de *Cedrela montana* con tan solo medir el diámetro altura a pecho (DAP), esta teoría es simulada y solo se puede aplicar en esta zona de Cuyuja, porque queda claro por lo general las plantas leñosas tienen marcado los factores bióticos y abióticos en su desarrollo.

Anteriormente se mencionó que en trabajo de campo se almacenó datos de diámetro de las plantas vivas extraídas con barreno, este dato se agregó para utilizar en estimaciones de años a través de diámetros en esta zona.

6.5.1 Diámetro de las Plantas Vivas

En el trabajo de campo que se realizó para la recolecta de muestras, se tomó datos de diámetro a la altura de pecho (DAP), de las plantas vivas que se trabajó con barreno Pressler. Estos datos de diámetros son muy importantes para dar una guía de estimación de la edad de los árboles midiendo los diámetros, basándonos con las tasas de crecimiento (cuadro 4) obtenidos de las mediciones de anillos. Por lo tanto esta investigación deja determinando la tasa de crecimiento en la zona de Cuyuja, que posteriormente se puede emplear para estimar las edades de los árboles, a continuación una representación de los diámetros y el incremento medio anual (IMA) de las muestras de testigos (plantas vivas)

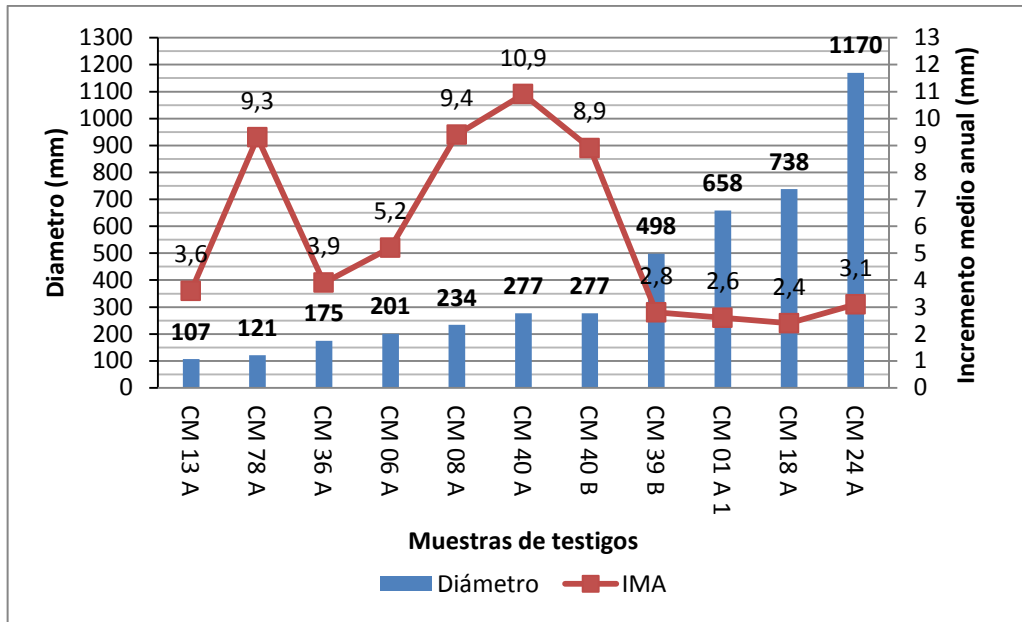


Figura 25. Representación con diámetro de las plantas vivas

Representación comparativa de los diámetros e incremento medio anual de las muestras de barreno de *Cedrela montana*. Es una interpretación muy importante y se llega a concretar que las plantas con menor diámetro, tiene mayor incremento medio anual (IMA), pero mientras más años o anillos del IMA disminuye.

Desarrollando modelos de crecimiento, también podemos determinar beneficio para predecir los ciclos de corta y diámetros mínimos de corta sobre largos periodos de tiempo. En la figura 25 nos indica que las plantas con diámetro bajo tiene un mayor incremento medio anual, *Cedrela montana* en sus primeros 20 años (anillos) de vida tiene un acelerado crecimiento. A través de diámetro del fuste a la altura de pecho (DAP) se puede estimar la edad, cuando se tiene una investigación o base de dato sobre la tasa de crecimiento en determinado zona.

Según como se presenta los datos de crecimiento de los anillos se puede determinar el diámetro de las plantas vivas, Los anillos de crecimiento medidos se suman uno a uno para así obtener sucesivos radios los cuales se duplican para obtener diámetros. Si aplicamos el diámetro de corte según lo establecido Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE) es de 60 cm de DAP. Si tenemos 5,19 mm de ancho cada año (dato de testigo por razón que no sobrepasan más de 100), de media de crecimiento en un radio, podemos decir que el crecimiento acumulado en diámetro sería de 10.38 mm (1.038 cm) por año. Se necesita más de 60 años para llegar a tener 60 cm de DAP y estar dentro de rango de corte para la comercialización según lo establecido por el Ministerio Ambiental del Ecuador, en esta zona de Cuyuja. Las tasas CA e IMA de crecimiento radial que presenta en el (Cuadro 3 y 4), las distintas etapas de crecimiento y los factores

ambientales, actúan modificando el número, tamaño y disposición de los elementos componentes del xilema. Por lo tanto, existe un gran potencial para proceder información silvícola y ambiental a partir de otros caracteres anatómicos de la madera.

6.6 Representación Gráfica de Cantidad de Anillos e Incremento Medio Anual de las Rodajas

La cronología de datación está conformada con los 11 árboles con muestras de rodajas, abarcando la cantidad de anillos o años en relación con incremento medio anual (IMA). Se tomó la cantidad más alta de anillos o años para las muestras que se repitieron del mismo árbol.

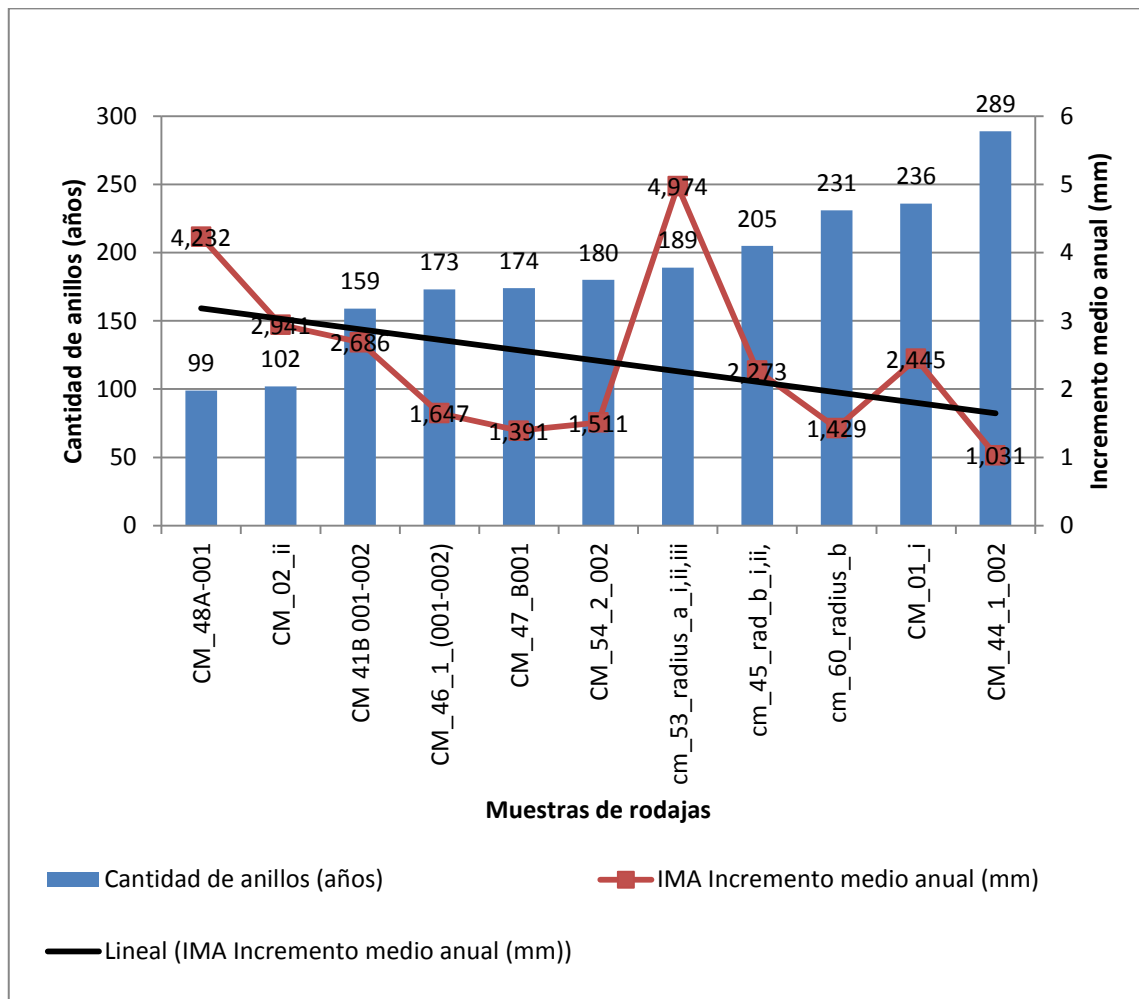


Figura 26. Gráfica de cantidad de anillos e incremento medio anual de las rodajas.

En este cuadro se resumió todas las mediciones que se realizó, de las 11 muestras seleccionadas de árboles diferentes de rodajas, la muestras CM_48a_001 es de menor cantidad de anillos de crecimiento con apenas 99 años y 4.232 mm de promedio IMA. La muestra CM_44_1_002, llega a los 289 años de vida.

Las muestras de la figura 26 esta graficada en orden ascendiente a la cantidad de anillos (99 a 289) de los 11 árboles muertos de rodajas, en comparación al incremento medio anual (IMA). Vamos analizar las tasas de crecimiento, se observa con claridad en la línea de tendencia, el incremento medio anual es mayor en las muestras, que tienen menor cantidad de anillos (López, *et al.*, 2011). En la muestra cm_53_radius_a_i,ii,iii se nota un incremento de anillos alto y mayor de todas muestras con 4.97mm, en 189 años, para finalizar en estos casos se identifica como crecimiento excéntrico o la muestras fue tomado la parte de aletones del fuste.

Las tasas de crecimiento promedio de incremento medio anual (IMA) de *Cedrela montana* para esta zona de Cuyuja, es 2.77 mm por año de las muestras de rodajas (Cuadro 3) que sobrepasan la mayoría de 100 hasta aproximadamente 300 años. Pero la tasa de crecimiento en plantas vivas que se extrajo la muestras con barreno es 5.19 mm, estos plantas la mayoría están debajo de los 100 años de vida (cuadro 4). Es probable que las plantas en temprana edad asimilen bien los recursos naturales como precipitación, nutrientes y radiación (Pereyra et al., 2013), por lo tanto el ancho de crecimiento es mayor a las plantas que sobrepasan los 100 años.

Según López, (2011), mientras las tasas de crecimiento más altas, en diámetros menores, a medida que el diámetro aumenta de tamaño disminuyen notablemente en crecimiento. Esta afirmación es correcta según los resultados de esta investigación, tanto en rodajas y testigos las tasas de crecimiento tienden a disminuir según la cantidad de anillos aumenta (Figura 26).

6.7 Representación Gráfica de Cantidad de Anillos e Incremento Medio Anual de los Testigos.

Traspasando a la muestra de testigo, sigue marcando la diferencia con un promedio de incremento medio anual (IMA), con un rango alto en comparación a los datos de rodajas, nos hace pensar que en esta especie (cedro) en corta edad las plantas asimilan mayor crecimiento.

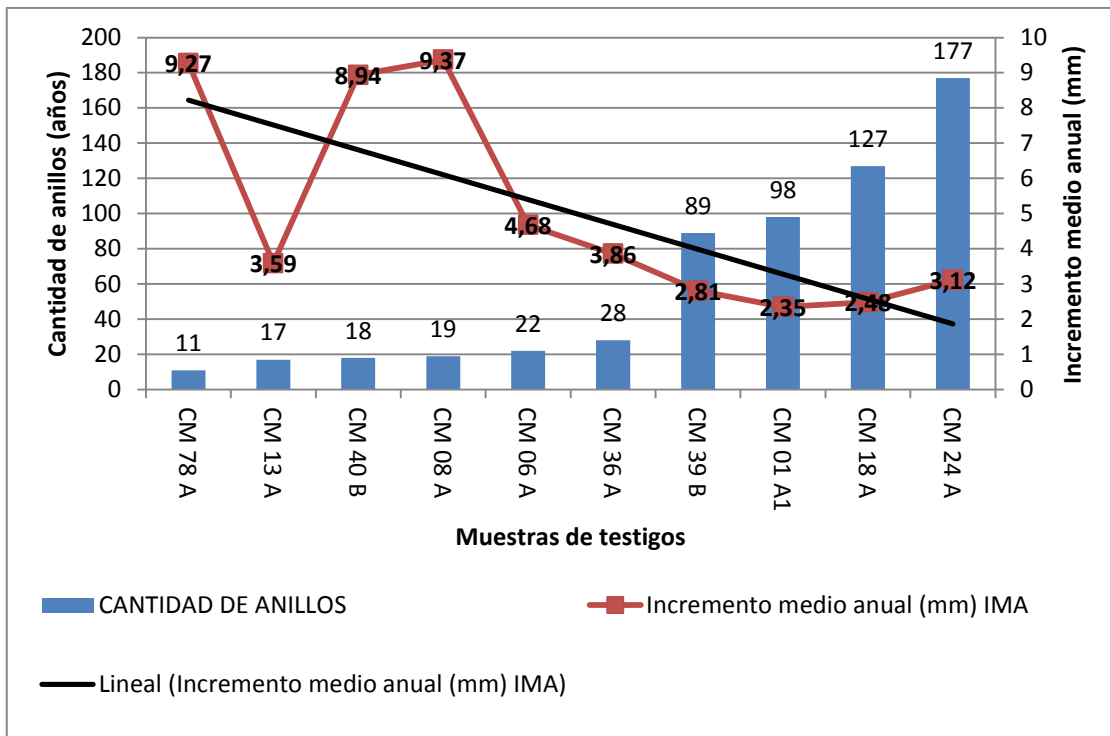


Figura 27. Gráfica de cantidad de anillos e incremento medio anual de los testigos.

En este cuadro esta resumida todas las mediciones que se realizó, de las 11 muestras seleccionadas de testigos, la muestras CM 78 A, es de menor cantidad de anillos de crecimiento con apenas 9 años y 3.78 mm de promedio IMA. La muestra CM 24 A, llega a los 177 años de vida y 3.12 mm de promedio de IMA.

Las muestras de la figura 27 esta graficada en orden ascendiente a la cantidad de anillos (9 a 177) de los 11 árboles de testigos, en comparación al incremento medio anual (IMA). Vamos analizar las tasas de crecimiento, se observa con claridad en la línea de tendencia, el incremento medio anual es mayor en las muestras, que tienen menor cantidad de anillos (López, *et al.*, 2011). En la muestra CM 13 A, se nota un decrecimiento bajo de ancho de anillos con 3.59mm, en comparación a las otras muestras, observa muy debajo a la línea de tendencia, no se conoce los factores porque su crecimiento es lento, posiblemente se debe a factores medio ambientales como la luz, competencia entre plantas, etc.

En la comparación de los datos de las mediciones de anillos de crecimiento entre rodajas y núcleo de crecimiento (testigos), existe una gran diferencia marcada entre la media de incremento medio anual (IMA) (Cuadro 3 y 4). Esto nos lleva a entender que las plantas en su etapa de crecimiento temprano desarrollan amplios anillos aproximadamente hasta los 100 años; pasado esta edad o anillos la madera es más rígida y los anchos de los anillos es cada vez menos mientras más años tenga el árbol de *Cedrela montana*.

6.8 Tasas de Crecimiento (IMA) de Rodajas y Testigos

Después de una tarea ardua de análisis de todos los datos de las dos técnicas dendrocronológicas aplicadas en este estudio de muestras de barreno Pressler y rodajas cortadas con una motosierra se llega a obtener un promedio de incremento medio anual (IMA) para la zona de Cuyuja, que puede ser aplicado para manejo sustentable de *Cedrela montana*. Se incluye la desviación estándar de la dos técnicas que se emplea para la estimación de edades a través de diámetros para las plantas vivas.

MUESTRAS	INCREMENTO MEDIO ANUAL (mm)	DESVIACION ESTANDAR ANCHO DE ANILLOS	NUMERO DE ANILLOS
Rodajas	2.77	1.099	>99 a <290
Testigos	5.19	0.919	>9 a <178
Promedio (Tasas de crecimiento)	3.98	1.009	

Cuadro 6. Tasas de crecimiento (IMA) de rodajas y testigos

Promedio de incremento medio anual (IMA) y de la desviación estándar de esta investigación que se realizó en Cuyuja.

La modelación del crecimiento del árbol permite la estimación de las edades y momentos donde los árboles alcanzan la madurez biológica. En la cuadro 4.3, se puede observar los datos de IMA general que pueden ser utilizados de referencia para las futuras estudios, básicamente también se incluye la desviación estándar.

El resultado de promedio de incremento medio anual (IMA) de las muestras de rodajas y testigos que se obtiene en esta investigación es 3.98 milímetros en *Cedrela montana*, confrontando con estudios en Perú según Castañeda (2013) obtiene 4.06 mm de incremento medio anual a una altitud de 1400 msnm. La zona de vida, a la cual pertenece el área de estudio, basado en el Sistema de Holdridge es: bosque pluvial Premontano Tropical (bp - PT). Existe coherencia la comparación de datos por que las zonas son semejantes y la especie es el misma de *Cedrela montana*, así dando valides al resultado de la investigación y su importancia para toma de decisiones para las instituciones competentes para el manejo sostenibles de estas especies. Comparando resultados según estudios de Brauning *et al*, (2009), el sitio de estudio se encuentra en una montaña tropical en la ladera norte del Parque Nacional Podocarpus al sur de Ecuador nos indica un crecimiento radial de anillos anualmente de crecimiento acumulado (CA) de 3,8 mm y de 5,5 mm en dos árboles diferentes.

Además en este estudio con los resultados obtenidos (cuadro 6) de las tasas de crecimiento (IMA) se estimó la edad de los árboles. Para mejor entendimiento vamos hacer una estimación de edad de un árbol grande de *Cedrela montana* de 100 cm de DAP, y utilizando datos de promedio total de incremento medio anual (IMA) para la zona de Cuyuja según esta investigación y una desviación estándar (promedio de crecimiento radial $3.98\text{mm} \pm 1.099\text{mm}$ desviación). Si tenemos 100 centímetros de diámetro del árbol, estos nos da de entender que el radio es 500 milímetros; que dividimos para el promedio de incremento medio anual del radio es 3.98mm, que da como resultado 126 años aproximado. Aplicando el promedio de la desviación estándar resulta entre 99 y 174 años de edad aproximado en las plantas de *Cedrela montana* de 100cm en la zona de Cuyuja. Un árbol de 200 cm (2 m) se estima a 251 años, con la desviación estándar, considerado entre 197 a 347 años de edad.

Considerando los resultados de nuestro estudio y el de Castañeda (2013), sobre crecimiento de *Cedrela montana*, y cómo varía este crecimiento a lo largo del tiempo, es información básica e indispensable para poder alcanzar un manejo forestal apropiado del bosque. Actualmente la información que se tiene de las especies arbóreas de bosques es escasa, siendo la principal causa el desconocimiento de técnicas que suministren a corto plazo la información necesaria.

Según la Convención de Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna (CITES), en la actualidad la caoba (*Swietenia macrophylla*) y cedro (*Cedrela spp.*), especies de madera con valor comercial alto están en peligro de extinción por la tala excesiva e insostenible. Por lo tanto en Ecuador la tala de estos dos géneros de Meliaceae está en veda. De acuerdo al artículo 43 de la Codificación de la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, el Ministerio del Ambiente supervigilará todas las etapas primarias de producción, tenencia, aprovechamiento y comercialización de materias primas forestales. Los árboles de cedro están en veda por su valor económico alto en la comercialización, ya que la madera de dicha especie es exquisito en la carpintería, elaboración de sus derivados en muebles, etc. Por las razones que la población ha tomado como explotar la madera de cedro de una forma descontrolada.

El Ministerio de Ambiente de Ecuador (MAE) establece un diámetro de corte a las diferentes especies de árboles de la costa, sierra y oriente. El diámetro de corte para *Cedrela* es de 60 centímetros en la región amazónica y sus estribaciones. De acuerdo a los resultados de la presente investigación, un árbol de *Cedrela montana* en la población de Cuyuja puede llegar a tener un DAP de 60cm, a una edad estimada mayor a los 100 años por su puesto dependiendo los factores benéficos para la planta donde se desarrolla. Este dato implica que la tala permitida

para un manejo sostenible no es económicamente rentable, pues los terratenientes de esta zona deberían esperar mucho tiempo para aprovechar legamente la madera de *Cedrela montana*.

Finalmente esta investigación es beneficiosa, por la razón que se pudo determinar la edad aproximado de la población de *Cedrela montana* cortadas y vivas de estas zona de Cuyuja, de acuerdo a las condiciones ambientales, los individuos que alcanzan los 30 a 40 cm de DAP, presentan los mayores incrementos en diámetro con valores cercanos a 1 cm/año. Árboles de este tamaño, cuando tienen condiciones de iluminación óptimas, pueden alcanzar hasta 2 cm/año (Gasparri *et al.*, 2006).

Los datos mencionados anteriormente permiten suponer que los turnos de corta para cedro podrían ser reducidos significativamente con medidas silvícolas que mejoren las condiciones de iluminación de los individuos de interés comercial. Existen plantaciones de cedros que si pueden aprovechar la madera siempre y cuando tenga registrado en MAE de la actividad que realiza, en las actividades de plantaciones se registran tasas crecimiento de *Cedrela adorata*, en los primeros tres años se ha visto un crecimiento excepcional alcanzando una altura de 1.3 a 1.8 metros de altura, con diámetros a la altura del pecho de 1.3 a 1.6 cm, tiende a mejor incremento anual en diámetro cuando el árbol tiene entre 15 a 35 cm de diámetro con un promedio de 2.0 cm/año (Aguirre, 2002). Dando a entender que el cultivo es muy beneficioso y rentable si se cultiva en condiciones favorables para la planta.

7. CONCLUSIONES

- I. Los anillos de crecimiento de *Cedrela montana* están delimitados por fibras que se diferencia con claridad formaciones de anillos anualmente. Presenta una variabilidad en los anillos de crecimiento de rodajas y testigos analizados.
- II. El conteo de anillos de crecimiento desde la corteza hasta la medula (radio) nos da la edad biológica del árbol en este caso de *Cedrela montana*, que no necesariamente coincide con la edad total del árbol desde el momento de su germinación El análisis de anillos de crecimiento provee datos confiables en la edad de los árboles, datos pueden ser muy útiles para la toma de decisiones en el manejo forestal.
- III. Aplicando esta técnica se obtuvo una cronología mayor, de 289 años desde el año 1723 aproximadamente hasta el 2012 año de corte, la muestra con mayor cantidad de años, el promedio de incremento medio anual (IMA) de los dos tipos de muestras (rodajas y testigo), existe notable diferencia de variabilidad. En rodajas se analizó, de 99 anillos o años el de menor años, hasta 289 anillos o años llegando a un promedio de IMA de 2.77 mm y desviación estándar ± 1.099 mm de crecimiento medio anual del radio. Los

testigos fueron tomados datos en árboles de corta edad desde 9 años o anillos el de menor hasta los 177 años, recalando que la mayoría de las muestras no pasan los 100 años, así obteniendo un promedio de IMA 5.19mm. Para la zona de Cuyuja donde se realizó la investigación se obtiene como resultado de 3.98 mm de tasas de crecimiento anual en radio de la *Cedrela montana*.

- IV. Existe una variabilidad en ancho de los anillos, cuando se obtiene resultado más alto en tasas de crecimiento en *Cedrela montana* la cantidad de anillos es menor, esto nos lleva a entender que a temprana edad las plantas de cedro tienen mayor desarrollo en ancho de anillos. Pero cuando se obtiene mayor cantidad de anillos o años, el ancho o las tasas de crecimiento tienden a disminuir, esto se debe porque la planta llega a su madurez, la madera es más rígida y por la longitud del diámetro que aumenta para su desarrollo.

8. RECOMENDACIONES

- I. Queda un largo camino por investigar dentro de la dendrocronología en "Centro de Investigación Postgrado y Conservación Amazónica" (CIPCA), para realizar restauraciones climáticas, para contribuir a desarrollar dinámicas de crecimiento de árboles que permitan predicción de clima para uso meteorológico en lugares donde no hay estaciones meteorológicas.
- II. Hacer más estudios de dendrocronología en la misma especie de *Cedrela montana* en diferentes lugares del país. Replicar en otras especies más antiguas que también posean anillos anuales en la región amazónica de Ecuador para ver su potencial dendrocronológico.
- III. Impulsar a la Universidad Estatal Amazónica la creación de un laboratorio de dendrocronología para realizar estudios de anillos de crecimiento anuales en diferentes especies necesario, desarrollar un modelo estadístico que permita conjugar y validar la información para más estudios y un reto para las futuras investigaciones que se lleven a cabo sobre temas de dendrocronologías, ya que en la actualidad cuenta con carreras afines de Forestal y Biología.
- IV. Al momento de realizar un estudio dendrocronológico es mejor trabajar con la familia Meliaceae, porque presenta anillos de crecimiento con buena visibilidad y trabajar con una mayor cantidad de muestra, por la gran variabilidad entre individuos. Los estudios realizados con esta temática deben ser difundidos y socializados con instituciones para que se pueda diversificar su uso y evitar el aprovechamiento selectivo de las especies.

9. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, A. D. (2002). Proyecto para la producción y exportación de cedro en la provincia de Guayas. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Ecuador. Guayas.
- Bahn, P. (2007). *Arqueología Metodos, Teorias y Practicas*. (M. J. RIAL, Trad.) Madrid, Pinto, España: Ediciones AKAL.
- Brauning, A., F. Volland-Vogt, I. Burchardt, O Ganzhi, T. Nauss & T. Peters. 2009. Climate control of radial growth of *Cedrela montana* in a humid mountain rainforest in southern Ecuador. *Erdkunde* 63(4): 337-345.
- Castañeda, M. I., J. G. Inga, & M. A. Arizapana. 2013. Aplicación de cuatro modelos de crecimiento a series dendrocronológicas de *Cedrela montana* (Meliaceae) - Comunidad Nativa de Shaani, región Ucayali, Perú. 26: 48-56
- Cuamacas, S. B., & G. A. Tipaz. 1995. Árboles de los Bosques Interandinos del Norte del Ecuador. Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana. Quito.
- Gasparri, N. I. & J. F. Goya. 2006. Modelos de crecimiento de *Cedrela lilloi* en el sector norte de las Yungas argentinas. Tucuman. Argentina. 105-116. 2006 pág.
- Gutiérrez, M. E. 2008. La dendrocronología: métodos y aplicaciones. Dept. d' Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona.
- López, L., R. Villalba, & M. Peña-Claros. 2011. Los anillos de crecimiento de *Centrolobium microchaete* (Fabaceae, Papilionoideae), una herramienta para evaluar el manejo forestal de los bosques secos tropicales del Cerrado boliviano. *Ecología en Bolivia* 46 (2) 77-94.
- Lozano, P., R. Busmann, M. Kupers, & D. Lozano. 2008. Deslizamientos naturales y comunidades pionera de ecosistemas montanos al occidente del parque nacional Podocarpus (Ecuador). *Caldasia* 30(1):1-19.
- Linares, J.C., & J.J. Camarero, 2010. Evaluando los efectos del cambio global sobre el funcionamiento de los abetos ibéricos mediante análisis de isótopos de carbono en los anillos de crecimiento. *Ecosistemas* 19(3):24-40.

- Martínez, A. & M. Alonso. Manual de Usuario del programa Confocal Uniovi ImageJ (Versión 1.2).
- Merino, B. & Z. Aguirre. 2000. Guía para estudios principales de familias Botánicas del sur del Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Dto. de Botánica y Ecología Reinaldo Espinosa. Loja, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2002a). Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria Libro VI ANEXO 1. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2002b). Plan de manejo de la Reserva Ecológica Antisana. Ecuador.
- Moglia, J. G., S. Bravo, A. M. Giménez, & C. López. 2009. ¿Son los caracteres estructurales de la madera de *Aspidosperma quebracho- blanco* Schelkt causantes de su inestabilidad? *Rev.* 17(1,2). Pág. (58-63).
- Morales, M.S., R. Villalba, H. R. Grau, P. E. Villagra, J. A. Boninsegna, A. Ripalta, & L. Paolini. (2001). Potential of *Prosopis ferox* Griseb (Leguminosae, subfamily: Mimosoideae) for dendrochronological studies in high-montane subtropical deserts. *Revista chilena de historia natural*, 74(4), 865-872.
- Pennington, T. D. & A. N. Muellner. 2010. A monograph of *Cedrela* (Meliaceae). DH Books, Inglaterra.
- Pennington, T. D. & B. T. Styles. 1981. *Flora Neotropica* vol. 28. New York Botanical Garden, New York.
- Pereyra, M. J., G. J. Inga, M. Santos & R. Rodríguez. 2013. Potencialidad de *Cedrela odorata* (Meliaceae) para estudios dendrocronológicos en la selva central del Perú. *Rev. Biol. Trop.* 62(2): 783-793, June 2014.
- Remache, L.M. 2011. Desarrollo de una Técnica de Micropropagación in vitro de cedro (*Cedrela montana*) a partir de Apices, Hojas y Entrenudos. Tesis inédita. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba - Ecuador.

Rivera, S. M. 2006. Características y usos de las maderas de *Cedrela* de las Yungas de Argentina. Argentina. 51-58 pp.

Roig, F., M. Fernández, E. Gareca, S. Altamirano, & S. Monge. 2001. Estudios dendrocronológicos en los ambientes húmedos de la puna boliviana. *Rev. Bol. Ecol.* 9: 3 – 13.

Rozendaal, D. M. A. & P. A. Zuidema. 2011. Dendroecology in the tropics: a review. *Trees* (2011) 25:3–16.

Salas, C. 2008. ¿Por qué comprar un programa estadístico si existe R? *Ecol. Austral* 18(2): 223-231.

Schulman, E. 1956. Dendroclimatic changes in semiarid America. University of Arizona Press, Tucson. 45 pp.

Sierra, R. *et al.*, (1998). Propuesta Metodológica para la Clasificación de los Bosques Ecuatorianos. ECOCIENCIA. Quito.

Stokes, M & T. Smiley. 1968. An introduction to tree-ring dating. University of Chicago Press, Chicago. 48 pp.

Vega, J. D. & T. M. Suirezs. 2009. Densidad de Cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) y Rabo Itá (*Lonchocarpus leucanthus* Burk.) en función del ancho de anillos y porosidad. *Rev. Cienc. Tecnol.* 11: 48-54.

Villalba, R., S. Delgado, M. De Membiela & D. Mendoza. 2009. Variabilidad interanual de los caracteres anatómicos en el leño de *Cedrela lilloi* en el noroeste de Argentina. Mendoza - Argentina. 59-82 pp.

Villanueva, J., P. Fule, J. Cerrano, J.E. Estrada, & I. Sánchez. 2009. Reconstrucción de la precipitación estacional para el barlovento de la Sierra Madre Occidental con anillos de crecimiento de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. *Rev. Cien. For. Mex* 34 (105): 39-71

Paginas Consultadas en Internet

Ferreira, T. & W. Rasband. 2012. Image J User Guide. Recuperado el 2 de Mayo de 2015 de: <http://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf>.

Giraldo, J. A. 2012. Anillos, clima y actividad solar. (Tesis de postgrado). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Recuperado 20 de Abril de 2016. <http://www.bdigital.unal.edu.co/8648/1/715573384.2012.pdf>.

INAMHI estaciones meteorológicas del Ecuador. <<<http://186.42.174.231/index.php/red-de-estaciones>>>. Consultado el 15 de noviembre de 2014.

Llorente, C. 2012. La historia que nos explican los árboles. Barcelona. España. Biol. on-line. 1(2). file:///C:/Users/INTERPLUS/Downloads/5850-9804-1-SM%20(2).pdf_ Consultado 10 de enero de 2016.

Red Nacional de Jardines Botánicos. 2008. Fichas de especies de plantas útiles de los jardines botánicos de Colombia Moritz ex Turcz. Recuperado el 05 de mayo de 2015 de: <http://www.ubio.org/browser/details.php?namebankID=9325867>.

República del Ecuador. INAMHI anuario meteorológico 2010. <http://186.42.174.231/publicaciones/Anuarios/Meteoro/Am%202010.pdf>.

10. ANEXOS.

Anexo 1. Presupuesto

Ítem		Cantidad / Tiempo		Descripción	Valor(\$)
Equipos	Computadora	1		Almacenamiento y desarrollo de tesis	600
	Cámara	1		Fotos	130
	GPs	1		Puntos de georreferencia	300
	Scanner	1		Tomar muestras	200
	Motosierra	1		Tomar muestras	500
Viajes	Viáticos		1	Proyecto	100
	Transporte	1		Salida de campo	50
Materiales	Barreno	1			400
	Machete	1			10
	Libreta de campo	2			2
	Materiales de oficina	Varios			20
	Lonas / fundas plásticas	100			5
Varios	Imprevistos			100
	Otros			100
				Total	2.417

Cuadro 7. Presupuesto de los costos de la investigación

Anexo 2. Fotos de Trabajo de Campo



Imagen 2. Zona de estudio en Cuyuja.



Imagen 3. Sendero por donde se trasladó hasta la Cooperativa “Los Cedros”



Imagen 4. Árboles de *Cedrela montana*.



Imagen 5. Abertura que deja el barreno Pressler



Imagen 6. Fuste de un árbol caído de *Cedrela montana*.
de donde se extrajo muestras de rodajas



Imagen 7. Tendido de Redes eléctricas
que paso por la zona.



Imagen 8. Entrada a la Reserva Ecologica Antisana.



Imagen 9. En la zona de estudio junto a una árbol
de *Cedrela montana* durante trabajo de campo.

Anexo 3. Fotos de Trabajo en Laboratorio



Imagen 10. Observando los anillos de crecimiento. Imagen 11. Lijado de muestras de rodajas y seleccionando una área de corte para scanner.

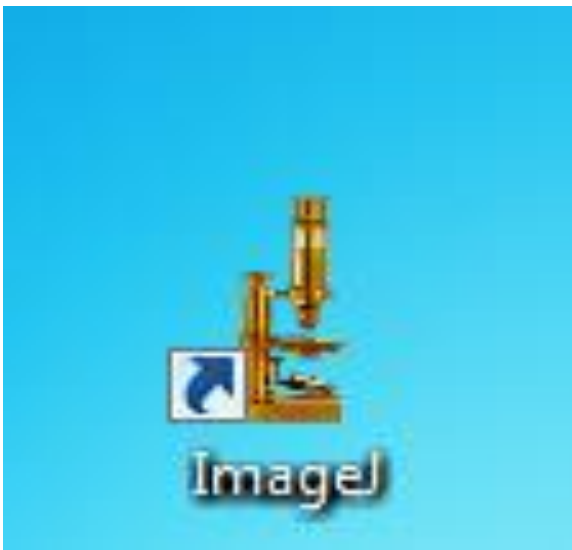


Imagen 12. Programa de software IMAGEJ.



Imagen 13. Observación de anillos con el microscopio.