



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES METALÚRGICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINERALOGÍA

IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS EXCEPCIONALES, A TRAVÉS DE  
ANÁLISIS DE ANILLOS DE CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES EN EL  
MARGEN DE LOS RÍOS CATINGÓN Y SAN PEDRO EN  
ANGANGUEO MICHOACÁN, MÉXICO.

**TESIS**

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

CON ESPECIALIDAD EN:

**GEOCIENCIAS Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO**

PRESENTA:

**BIÓLOGA ERIKA GARDUÑO MENDOZA**

ASESOR:

**DR. EN GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

**VICTOR HUGO GARDUÑO MONROY**

MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO

FEBRERO 2014

# INSTITUCIONES DE APOYO PARA EL PRESENTE PROYECTO



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
POSGRADO DE GEOCIENCIAS Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO.



**Centro de Investigaciones en Ecosistemas**  
**UNAM Campus Morelia**



LABORATORIO DE ECOLOGÍA DEL MANEJO DE RECURSOS NATURALES

**UQÀM**

Université du Québec  
à Montréal

Dépt. de Géographie et GEOTOP  
Université du Québec à Montréal



FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA MADERA,  
UMSNH



COFOM,  
MICHOACÁN,  
2008-2012



CONACYT, 2011-2013

COMUNEROS DE CATINGÓN, GUADALUPE Y ANGANGUEO  
MICHOACÁN, MEXICO



DEDICATORIA

*Edén Gailán*

*Gracias*

## AGRADECIMIENTOS

### *La vida siempre da segundas oportunidades. Gracias vida*

Dr. **Víctor** Hugo Garduño, sin duda alguna ha sido un privilegio que haya sido mi guía académica; sin embargo ha sido mayor el aprendizaje que de usted obtuve como ser humano.

Dra. **Isabel** Israde, gracias por la oportunidad de aprender de usted. Gracias por lo académico, que ha sido fundamental en mi crecimiento; por su calidez humana, orientación y amistad.

Dra. **Erna** López Granados, muchas gracias por el conocimiento que compartió a lo largo de mi formación académica, sé que me servirán para toda la vida.

Dr. **Víctor Manuel** Hernández, gracias por sus aportaciones académicas a este trabajo. Por darme la oportunidad de culminar este proyecto de vida.

Dr. **Jesús** Cruz, muchas gracias por la eterna disponibilidad de tiempo, espacios y clases. Sin duda usted fue una pieza clave, para la culminación de este proyecto.

Dr. **Diego** Pérez Salicrup, gracias por esa “*adopción científica*” que me brindó cuando más difícil estaba para la realización de este trabajo. Espero que siga en un futuro.

Agradezco a mis maestros de todo el posgrado, que aportaron conocimientos muy valiosos para mi formación profesional. Dr. **Pedro** Corona, la experiencia más motivadora y emocionante (*después*) fue subir un volcán y explorar una mina, gracias.

Al próximo Doctor **Teodoro** Carlón Allende, gracias por el apoyo en el análisis de datos.

A mis compañeros de posgrado, ha sido muy agradable compartir esta aventura con todos ustedes. **Cecy** (eres una personita muy especial, solo te deseo lo mejor del mundo), **Silver** (gracias por el apoyo moral en las salidas a campo), **Nahúm**, **Rene** y **Oswaldo**. **Laurita** (por tus clases de matemáticas), **Sócrates** (gracias por la información). **Gaby** Gómez muchas gracias por llevar y traer mis muestras y por tu linda amistad. En fin de **todos** mis compañeros tengo momentos muy agradables que recordar.

Al hacer un trabajo de investigación, se invierte mucho tiempo en el mismo, dejando un poco abandonas a las personas que amamos; gracias **Edén Gaitán**, que has sido el principal apoyo, mi mayor fan, paciente, comprensivo, consejero y amigo, en gran parte este trabajo lo logre culminar gracias a ti. A las Familias **Garduño González**, **Soto Garduño** (gracias por el apoyo en campo), **Ornelas Garduño**, **Vilchis Garduño**, **Garduño Venegas y Gaitán Morado**, por su cariño y sus porras.

**Eduardo** Garduño, gracias por el apoyo que me brindaste en campo y en el procesamiento de las muestras. Hubiera sido muy difícil lograrlo sin tu apoyo y... “*recuerda que las dificultades preparan a las personas comunes, para destinos extraordinarios*”.

# INDICE

INDICE .....	I
RESUMEN.....	X
ABSTRACT .....	XI
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. <i>El cambio climático como concepto</i> .....	1
1.2 <i>Desarrollo Sustentable</i> .....	3
1.3 <i>Desarrollo sustentable y el calentamiento global</i> .....	5
1.4 <i>México: Sequías-Inundaciones</i> .....	5
1.5 <i>Dendrocronología</i> .....	6
2.- ANTECEDENTES.....	8
3.- JUSTIFICACIÓN .....	14
4.- OBJETIVOS.....	15
4.1 <i>Objetivo general</i> .....	15
4.2 <i>Objetivos Particulares:</i> .....	15
5.- HIPÓTESIS.....	15
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>16</b>
2.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	16
2.1 <i>Localización</i> .....	16
2.2 <i>Clima</i> .....	19
2.3 <i>Geología</i> .....	20
2.4 <i>Estratigrafía</i> .....	26
2.4.1 Terreno Guerrero .....	26
2.4.2 Formación Acapetlahuaya .....	27
2.4.3 Formación Amatepec.....	27
2.4.4 Andesita “Anganguero” .....	27
2.4.5 Brecha andesítica “Estación Anganguero” .....	28
2.4.6 Ignimbrita “Valerio” .....	28
2.4.7 Basaltos cuaternarios .....	28
2.4.8 Piroclásticos “Palizada” .....	29

2.4.9 Depósitos aluviales y de planicie .....	29
2.5 Principales Ecosistemas .....	31
2.6- Recursos Naturales.....	34
2.7- Turismo .....	34
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>35</b>
3.- MARCO TEÓRICO.....	35
3.1 Influencia del clima en el crecimiento de los bosques .....	35
3.1.1 Bosque, especies arbóreas y anatomía de la madera .....	36
3.2 Descripción del género <i>Pinus</i> .....	37
3.3 Anatomía de la madera y su análisis .....	38
3.4 Estructura de secciones transversales .....	39
3.4.1 Anillo de crecimiento.....	40
3.5 Principios del análisis de los anillos de crecimiento de los árboles.....	42
3.5.1 Dendrocronología .....	42
3.5.2 Anillos falsos .....	44
3.5.3 Anillos ausentes.....	45
3.5.4 Conteo de anillos .....	46
3.5.5 SkeletonPlot.....	47
3.5.6 Dendropirocronología .....	48
3.5.7 Incendios .....	49
3.5.7.1 Clases de fuegos forestales .....	50
3.5.7.1.1 Fuego de superficie.....	50
3.5.7.1.2 Fuego de copas .....	50
3.5.7.1.3 Fuego de subsuelo.....	51
3.5.7.1.4 Influencias de la topografía del terreno .....	51
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>53</b>
4.- MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	53
4.1 Materiales.....	53
4.2 Metodología.....	55
4.2.1 Análisis bibliográfico .....	56
4.2.2 Trabajo de Campo .....	56
4.2.3.1 Colecta de muestras con cicatrices de incendios .....	58
4.2.3.2 Toma de núcleos o virutas .....	59

4.2.3.3 Toma de muestras en secciones transversales.....	61
4.2.3 Trabajo de laboratorio.....	63
4.2.3.1 Virutas: Preparación, montaje y lijado .....	63
4.2.3.2 Lijado de secciones transversales.....	65
4.2.3.3 SkeletonPlot .....	66
4.2.3.4 Conteo manual de estructuras de crecimiento .....	67
4.2.3.5 Análisis de muestras .....	69
4.2.4 Estadísticos y programas de ejecución.....	70
4.2.4.1 COFECHA.....	70
4.2.4.2. Arstan .....	71
4.2.4.3 MeasureJ2X .....	71
4.2.4.4 Win-Dendro .....	72
4.2.4.5 Image-Pro.....	74
<i>5.- Metodología para identificar Incendios .....</i>	<i>77</i>
<i>6.- Datación por Radiocarbono .....</i>	<i>78</i>
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>80</b>
5.- RESULTADOS .....	80
5.1 Resultados de las muestras analizadas.....	80
5.2 Caracterización de especies seleccionadas .....	84
5.2.1 Pinus pseudostrobus, var pseudostrobus Lindl. 1839.....	84
5.2.1.1 Descripción.....	85
5.2.1.2 Madera .....	86
5.2.1.3 Plagas .....	86
5.2.2 Pinus michoacana Martínez, 1944 (Pinus devoniana Lindleyi (Farjón y Styles, 1997) .....	87
5.2.2.1 Descripción.....	87
5.2.2.2 Madera .....	88
5.2.3 Abies religiosa (Kunth) Schltdl. & Cham .....	89
5.2.3.1 Descripción.....	89
5.2.3.2 Madera .....	91
5.3 Reconstrucción climática.....	91
5.3.1 Registros de las estaciones climáticas .....	91
5.3.1.1 Estación Agostitlán .....	92
5.3.1.2 Estación Chincua, Senguio .....	94
5.3.1.3 Estación Laguna Fresno.....	95

5.3.1.4 Estación Presa Sabaneta .....	97
5.3.1.5 Estación Cd. Hidalgo .....	98
5.3.1.6 Estación Irimbo .....	100
5.3.1.7 Estación San José .....	101
5.3.1.8 Resultados de las estaciones climáticas .....	102
<i>5.4 Cronología Climática .....</i>	<i>104</i>
5.4.1 Resultados de Periodos Húmedos .....	107
5.4.2. Resultados de Periodos Secos .....	108
5.4.3 Resultados de los Programa WinDendro e Image-Pro .....	109
<i>5.5 Cronología de Incendio .....</i>	<i>114</i>
<i>5.6 Registro de Deslizamientos .....</i>	<i>121</i>
<i>5.7 Registro de Plagas .....</i>	<i>127</i>
<b>CAPITULO VI .....</b>	<b>132</b>
6.- DISCUSIÓN .....	132
7.- CONCLUSIONES .....	147
ANEXOS .....	149
<i>Referencias bibliográficas .....</i>	<i>149</i>
<i>Formatos de colecta .....</i>	<i>158</i>
<i>Glosario de términos .....</i>	<i>159</i>

## Índice de Figuras

Figura 1 Incremento de la Temperatura global .....	2
Figura 2 Los tres pilares fundamentales del Desarrollo Sustentable .....	3
Figura 3 Cronología maestra de Abies religiosa, en Sierra Chincua, Angangueo, Michoacán, México .....	13
Figura 4 Localización del municipio de Angangueo .....	17
Figura 5 Distribución de la población, de acuerdo con SEDESOL, 2013 .....	17
Figura 6 Localización del sitio de estudio en el municipio de Angangueo, Mich. ....	18
Figura 7 Mapa de clima del municipio de Angangueo .....	19
Figura 8 Localización de las estaciones climáticas de la región Oriente de Michoacán .....	20
Figura 9 Localización del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano .....	21

Figura 10 Carta Geológico-Minera de Angangueo (E14-A26).....	22
Figura 11 Detritos debajo de la capa vegetal y de las casas al margen del rio San Pedro. ....	25
Figura 12 Deslizamientos del 4 de Febrero del 2010 en Angangueo, Mich. ....	26
Figura 13 Columna estratigráfica generalizada del municipio de Angangueo.....	30
Figura 14 Vegetación del municipio de Angangueo, Michoacán .....	33
Figura 15 Factores determinantes del clima .....	36
Figura 16 Árboles del género Pinus .....	38
Figura 17 Tipos de cortes de la madera. ....	39
Figura 18 Anatomía de la sección transversal del tronco. ....	41
Figura 19 Muestra del género Pinus (41 años).....	42
Figura 20 Aplicaciones de la Dendrocronología .....	43
Figura 21 Anillo falso en muestra de Pinus.....	45
Figura 22 Conteo manual de anillos en muestras de Pinus .....	46
Figura 23 Elaboración de Skeletos para cada muestra .....	47
Figura 24 Crosdating para cronologías de diferentes muestras .....	48
Figura 25 Materiales combustibles de los bosques .....	49
Figura 26 Fuego de superficie.....	50
Figura 27 Fuego de copas .....	50
Figura 28 Fuego de subsuelo.....	51
Figura 29 El contorno de un incendio varia con la dirección del viento .....	51
Figura 30 Resumen de metodología.....	55
Figura 31 Muestreo en la zona de traspatio.....	58
Figura 32 Muestra con cicatrices de incendio .....	59
Figura 33 Taladro Pressler y toma de muestra .....	60
Figura 34 Montaje de virutas en popotes de platico para su transporte y conservación .....	60
Figura 35 Toma de muestras en rodaja de tocones de árboles. ....	61
Figura 36 Toma de muestra en sección trasversal. ....	62
Figura 37 Toma de muestra en sección trasversal .....	63
Figura 38 Molduras para montar las virutas.....	64
Figura 39 Lijado de secciones transversales con lijadora de bandas y acabado a mano.....	65
Figura 40 Equipo utilizado para el lijado de las secciones transversales .....	65
Figura 41 Muestra en proceso de lijado .....	66

Figura 42 Elaboración de Skeletos para cada muestra .....	67
Figura 43 Conteo bajo la lupa de estructuras de crecimiento en muestras en sección transversal. 68	
Figura 44 Ejes de conteo de estructuras de crecimiento .....	68
Figura 45 Equipo de medición de anillos de crecimiento, Velmex con platina .....	69
Figura 46 Medición de anillos en muestras de secciones transversales .....	70
Figura 47 Equipo para el escaneo de muestras .....	73
Figura 48 Escaneo de secciones transversales.....	73
Figura 49 Programa Image-Pro.....	75
Figura 50 Preparación de secciones transversales, para la toma de imágenes de alta resolución. 76	
Figura 51 Síntesis de la Metodología.....	79
Figura 52 Distribución de las muestras en el tiempo .....	81
Figura 53 Pinus pseudostrobus, de 114 años.....	82
Figura 54 Abies religiosa de 102 años.....	83
Figura 55 Pinus pseudostrobus de 24 años.....	83
Figura 56 Pinus pseudostrobus, var pseudostrobus Lindl. 1839 .....	85
Figura 57 Muestra en sección transversal de Pinus pseudostrobus Lindl. 1839.....	86
Figura 58 Pinus devoniana Lindleyi (Farjón y Styles, 1997) .....	88
Figura 59 Abies religiosa (Kunth) Schltld. & Cham .....	90
Figura 60 Madera de Abies religiosa .....	90
Figura 61 Estaciones climáticas con registro de datos de lluvia por año .....	92
Figura 62 Valores obtenidos por el programa COFECHA.....	104
Figura 63 Muestra en sección transversal con los años de lluvias extraordinarias .....	107
Figura 64 Muestra en sección transversal con los años de sequias extraordinarios. ....	108
Figura 65 Muestra R6.....	109
Figura 66 Muestra C4.....	110
Figura 67 Pantalla final de Image-Pro.....	112
Figura 68 Árbol del género Pinus, con cicatrices de incendios recurrentes. ....	114
Figura 69 Cicatrices de incendios en diferentes muestras .....	115
Figura 70 Incendio de 1999, Cerro Catingón en Anganguero Michoacán.....	116
Figura 71 Obras de saneamiento en Anganguero Michoacán.....	117
Figura 72 Mapa de localización de los fechamientos para incendios .....	120
Figura 73 Inclinación o Basculamiento del tronco.....	122

Figura 74 Pinus pseudostrobus con presencia de descamación en la corteza por causa del aluvión 2010 .....	124
Figura 75 Pinus sp. con cicatrices de descamación, por aluvión 2010 .....	125
Figura 76 Localización de los deslizamientos de 1942 y 2010 .....	126
Figura 77 Corteza de Pinus pseudostrobus, Anganguero Michoacán México .....	127
Figura 78 Cicatrices o galerías por afectación de insectos perforadores (Scolytus mundus Wood) .....	128
Figura 79 Muestra con registro de cicatrices de insecto.....	129
Figura 80 Distribución de las muestras con cicatrices de plaga .....	131
Figura 81 Años extraordinarios de lluvias y sequías, Abies religiosa .....	136
Figura 82 Incendios registrados en Anganguero Michoacán, .....	139
Figura 83 Distribución espacial de los eventos datados .....	143
Figura 84 Imagen en infrarrojo para la medición de estructuras de crecimiento .....	145
Figura 85 Diversas tonalidades de color que ofrece el programa Image-Pro .....	145

### Índice de tablas

Tabla 1 Conjunto de indicadores de desarrollo sustentable propuestos por la OCDE.....	4
Tabla 2 Variables topográficas e influencia en los incendios forestales .....	52
Tabla 3 Material para la toma de muestras, procesamiento y análisis de rodajas y virutas de árboles .....	54
Tabla 4 Registro por año de lluvia registrada en Estación Agostitlán.....	93
Tabla 5 Registro de lluvia Estación Chincua, Senguio .....	95
Tabla 6 Registro de lluvia estación Laguna Fresno .....	96
Tabla 7 Registro de lluvia estación Presa Sabaneta .....	98
Tabla 8 Registro de lluvia estación Cd. Hidalgo .....	100
Tabla 9 Registro de lluvia estación Irimbo .....	101
Tabla 10 Registro de lluvia San José.....	102
Tabla 11 Registro de años con mayor y menor cantidad de lluvia .....	103
Tabla 12 Resultados por datación de radiocarbono, para tres incendios en Anganguero, Michoacán, Mex.....	118
Tabla 13 Análisis de las ventajas y desventajas de WinDendro y Image-Pro.....	146

*Índice de Graficas*

Gráfica 1 Registro de lluvia estación Agostitlán.....	94
Gráfica 2 Registro de lluvia estación Chincua .....	95
Gráfica 3 Registro de lluvia estación Laguna Fresno. ....	97
Gráfica 4 Registro de lluvia estación de Presa de Sabaneta.....	98
Gráfica 5 Registro de lluvia estación Cd. Hidalgo.....	100
Gráfica 6 Registro de lluvia estación Irimbo.....	101
Gráfica 7 Registro de lluvia estación San José.....	102
Gráfica 8 Cronología Maestra de Angangueo Michoacán .....	106
Gráfica 9 Resultados del programa WinDendro .....	111
Gráfica 10 Sobreposición de las mediciones obtenidas con WD .....	111
Gráfica 11 Resultados del Programa Arstan, utilizando mediciones de Image-Pro.....	113
Gráfica 12 Cronología de Incendios de Angangueo, Michoacán México. ....	119
Gráfica 13 Cronología de cicatrices de plagas en árboles de Angangueo, Michoacán, Mex. ....	130
Gráfica 14 Cronología de climática con periodos de sequias.....	133
Gráfica 15 Cronología de sequias e incendios en Angangueo Michoacán, México.....	137
Gráfica 16 Identificación de Incendios y muestras.....	138
Gráfica 17 Cronología de incendios de Angangueo Michoacán, .....	138
Gráfica 18 Cronología de eventos excepcionales en Mineral de Angangueo, Michoacán, México	144

## Abreviaturas

CENAPRED: Centro Nacional de Prevención de Desastres

CFE: Comisión Federal de Electricidad

COFOM: Comisión Forestal de Michoacán

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

CVTM: Cinturón Volcánico Trans-Mexicano

E.C.: Estaciones Climáticas

INECC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

INECOL: Instituto Nacional de Ecología

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

msnm: Metros sobre el nivel del mar

NCDC: NOAA's National Climatic Data Center

PGRM: Proceso gravitacional de remoción en masa

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SGM: Servicio Geológico Mexicano

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

UMSNH: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

WD: WinDendro (programa de medición de anillos de crecimiento)

## RESUMEN

Mineral de Angangueo se localiza en el oriente del Estado de Michoacán en el límite con el Estado de México. En años recientes se ha visto afectado por fenómenos climáticos, geológicos y ambientales, que han impactado de manera negativa a esta comunidad. Debido a la vegetación existente y las condiciones climáticas del sitio, es apropiado utilizar técnicas de Dendrocronología, esto debido al tipo de vegetación existente en la zona de estudio, que corresponde principalmente a coníferas, que presentan un crecimiento anual bien definido. Las especies encontradas fueron: *Pinus pseudostrobus*, *Pinus michoacana* y *Abies religiosa*. Siguiendo la metodología de Villanueva *et al.*, 2009, se obtuvieron muestras de 157 árboles (19 vivos en viruta y 138 de tocones o árboles derribados por tala clandestina en sección transversal). El periodo de edad de las muestras es de 1897 a 1987. La cronología climática está desarrollada para un periodo de 1935 a 2011. Donde se identificaron los periodos climáticos húmedos y secos. Posteriormente mediante la integración de metodologías como la Dendropirocronología y dataciones por  $^{14}\text{C}$ , se generó una cronología de incendios, identificando los años 1670, 1883, 1900, 1942, 1973 y 1999 como años de ocurrencia de incendios en la zona de estudio. Por primera vez se obtienen registros de los incendios de 1670, 1883 y 1900. Se identificaron cicatrices de insectos perforadores (del género *Tomicus*), en 61 secciones transversales, corresponde al 66% del total de las muestras. Se identificó un período de cicatrices de insectos de 1978 a 1988. Posteriormente hay un lapso de ausencia de cicatrices de insectos, hasta el año de 1995 y hasta el 2011; estas cicatrices se incrementaron para el año 2007 y hasta el 2011; teniendo que realizar una quema controlada para la erradicación de la plaga en esta zona. Con la integración de los datos colectados en campo y el análisis de las secciones transversales, se identificó las deformaciones en los anillos de crecimiento; como registro de un deslizamiento, en la zona media del Cerro Catingón. Como una alternativa al procesamiento de secciones transversales se realizó un comparativo entre los programa WinDendro e Image-Pro, para 19 imágenes digitales de secciones transversales para ser analizadas por los dos programas. El programa Image-Pro, ofrece ventajas en el procesamiento de las muestras.

*Palabras claves: Angangueo, Eventos excepcionales, Dendrocronología, WinDendro, Image-Pro.*

## ABSTRACT

*Mineral de Angangueo* is located in the eastern portion of the State of Michoacan bordering the State of Mexico. In recent years it has been affected by climatic, geological and environmental phenomena, which have negatively impacted this community. Because of the existing vegetation and climatic conditions of the site it is appropriate to use Dendrochronology techniques, this due to the type of vegetation in the studied area, which mainly corresponds to conifers, which have a well-defined annual growth. The species found were: *Pinus pseudostrobus*, *Pinus michoacan* and *Abies religiosa*. Following the methodology of Villanueva et al., 2009, samples of 157 trees were obtained. (19 and 138 live in chip stumps of trees, taken down in a cross section, by illegal logging) The age-period sample is from 1897 to 1987. Climatic chronology is developed for a period of 1935-2011, where the wet and dry climatic periods were identified. Then by integrating methodologies such as *Dendropirocronología* and  $^{14}C$  datings, a chronology of fires was generated, identifying the years 1670, 1883, 1900, 1942.1973 and 1999 as years of fire occurrence in the studied area. For the first time, records of fires originated around 1670, 1983 and 1900 are obtained. Scars from wood borers (genus *Tomicus*) were identified in 61 cross sections, corresponding to 66 % of all samples. A period of insect scars from 1978 to 1988 was identified. Then there is a period of absence of such markings, It is until the years 1995 and 2011, in which the number of these scars-increased from 2007 through 2011; having to perform a controlled burning to eradicate the pest in this area. With the integration of all field-collected data, and the analysis of the cross sections, strains in the grow-rings were identified as a prove of sliding in the middle zone of *Cerro Catingon*. As an alternative in the processing of cross sections, a comparative between WinDendro and Image-Pro program was made for 19 digital images of cross sections to be analyzed by the two programs. The Image-Pro program offers advantages in processing the samples.

Keywords: Angangueo, Special Events, Dendrochronology, WinDendro, Image-Pro.

# CAPÍTULO I

## 1.- Introducción

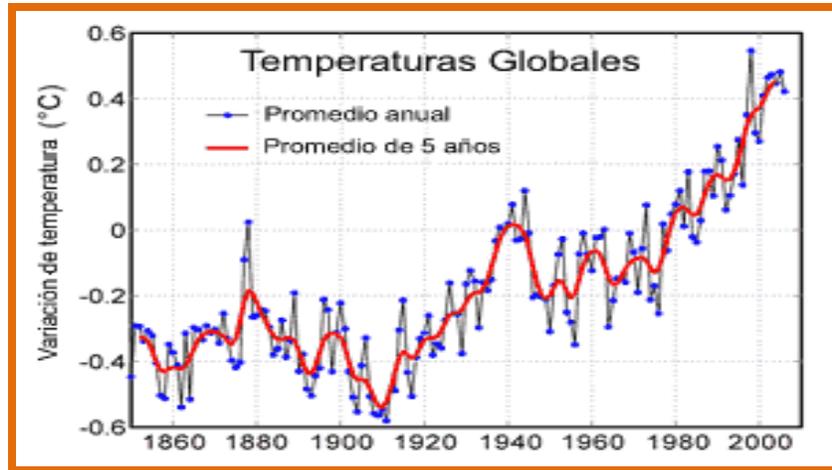
El constante cambio climático ha venido modificando el estilo de vida de las personas alrededor del mundo y en México; desde sequías en el Norte de México e inundaciones en el Sureste. Así, es innegable el impacto que esto representa a la población y al entorno en que se desarrolla (ecosistema-bienes y servicios).

Después de la época de la revolución industrial, comenzó un impacto ambiental generalizado en el mundo, la mecanización e industrialización del comercio, provocó un crecimiento y demanda en los servicios ambientales, ocasionando un aumento en el CO<sub>2</sub>. La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha aumentado en más de un 30% a partir de 1750 hasta al final del siglo XX, además, se espera que aumente otro 20% en los próximos 50 años( 2050). Lo cual ha provocado un desequilibrio en los ciclos climáticos del planeta, lo que ahora conocemos como calentamiento global.

### 1.1.El cambio climático como concepto

Se refiere al efecto de la actividad humana sobre el sistema climático global, que siendo consecuencia del cambio global afecta, a su vez, a otros procesos fundamentales del funcionamiento del sistema de circulación general de la atmósfera. El término cambio global define al conjunto de cambios ambientales afectados por la actividad humana, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema planetario (tenemos señales de grandes cambios que han ocurrido y están ocurriendo en el planeta). Se incluyen en este término aquellas actividades que, aunque ejercidas localmente, tienen efectos que trascienden el ámbito local o regional para afectar el funcionamiento global del sistema tierra. La interacción entre los propios sistemas biofísicos entre sí y entre éstos y los sistemas sociales, para amplificar o atenuar sus efectos, es una característica esencial del cambio global que dificulta la predicción de su evolución. (Duarte *et al.*, 2006:).

El término Calentamiento Global se refiere al aumento gradual de las temperaturas de la atmósfera y océanos de la Tierra que se ha detectado en la actualidad, además de su continuo aumento que se proyecta a futuro. Si se revisa el gráfico de las temperaturas de la superficie terrestre de los últimos 100 años, se observa un aumento de aproximadamente 0.8°C, y que la mayor parte de este aumento ha sido en los últimos 30 años (Fig. 1).



*Figura 1 Incremento de la Temperatura global*

*Se observa como la tendencia del clima es hacia el aumento de la temperatura global*

Fuente: [cambioclimaticoglobal.com/](http://cambioclimaticoglobal.com/), 2012

Actualmente nadie pone en duda el aumento de la temperatura global, lo que todavía genera controversia es la fuente y razón de este aumento de la temperatura. Aun así, la mayor parte de la comunidad científica asegura que hay más que un 90% de certeza que el aumento se debe al aumento de las concentraciones de gases invernadero, generado por las actividades humanas que incluyen deforestación y la quema de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. Estas conclusiones son avaladas por las academias de ciencia de la mayor parte de los países industrializados.

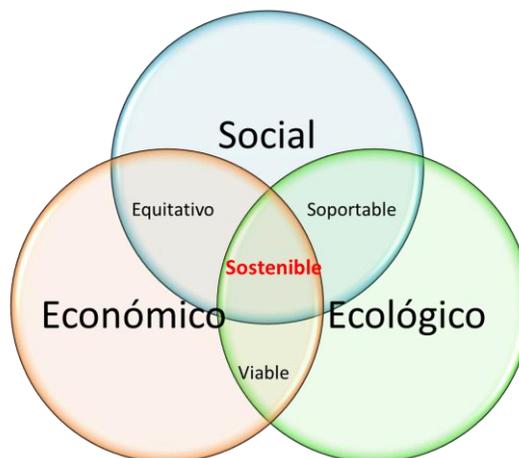
Las proyecciones a partir de modelos de clima fueron resumidos en el Cuarto Reporte del IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) en el 2007. Indican que la temperatura global probablemente seguirá aumentando durante el siglo XXI, el aumento sería de entre 1.1 y 2.9°C en el escenario de emisiones más bajo y entre 2.4 y 6.4°C en el de mayores emisiones. Se esperan extinciones de especies debido a los cambios de temperatura y variaciones en el rendimiento de

las cosechas (IPCC, 2007). De acuerdo con Francisco Barnés Regueiro, director del INECC, México aumentó 1 grado centígrado en su temperatura, mientras que en el resto del mundo se registró un cambio de .5 grados centígrados a la alza (INECC, 2013).

Se postula que si el aumento de la temperatura promedio global es mayor a 4°C comparado con las temperaturas preindustriales, en muchas partes del mundo ya los sistemas naturales no podrán adaptarse y, por lo tanto, no podrán sustentar a sus poblaciones circundantes. En pocas palabras, no habrá recursos naturales para sustentar la vida humana.

## 1.2 Desarrollo Sustentable

El término desarrollo sostenible, perdurable o sustentable se aplica al desarrollo socio-económico y fue formalizado por primera vez en el documento conocido como Informe Brundtland (1987) fruto de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. Dicha definición se asumiría en el Principio 3º de la Declaración de Río (1992), *“Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”* (Informe Brundtland, 1983).



**Figura 2 Los tres pilares fundamentales del Desarrollo Sustentable**  
Se observa el balance que idealmente debería de tener el desarrollo sostenible.  
Fuente: Garduño-Mendoza, 2010.

De acuerdo con la OCDE (2007), existe un conjunto de Indicadores de desarrollo sustentable que se presentan a continuación (Tabla 1):

TIPO DE CAPITAL	OBJETIVO	INDICADOR
<b>Capital Natural</b>	Calidad del aire	Índice de emisiones de gases de efecto invernadero y emisiones de CO2 y NOx
	Calidad del agua	Intensidad de uso del agua (Extracción/recursos renovables)
	Recursos energéticos	Consumo de recursos energéticos
	Biodiversidad	Área protegida (porcentaje del área total)
<b>Capital económico</b>	Producción	Volumen de stock de capital neto
	Cambio tecnológico	Tasa de crecimiento de la productividad multi-factorial
	Activos financieros	Activos extranjeros netos y balance contable actual
<b>Capital Humano</b>	Stock de capital humano	Proporción de la población con educación secundaria o universitaria
	Inversión en capital humano	Gastos en educación
	Depreciación del capital humano	Tasa y nivel de desempleo
<b>Satisfacción de necesidades</b>	Consumo	Gasto final familiar en consumo/intensidad de generación de residuos municipal
	Distribución de la renta	Coefficiente de GINI (es una medida de la desigualdad)
	Salud	Esperanza de vida al nacer/Calidad de aire urbano
	Empleo	Ratio empleo/población
	Educación	Tasa de participación

*Tabla 1 Conjunto de indicadores de desarrollo sustentable propuestos por la OCDE*

Fuente: OECD, 2001.

### 1.3 Desarrollo sustentable y el calentamiento global

Por causa de la demanda de bienes y servicios se ha sobre explotado los recursos naturales, siendo esta el principal detonante en el cambio climático global, al realizar una sobre explotación de estos recursos. Las principales causas en Angangueo son:

- i. Deforestación
- ii. Contaminación del medio ambiente
- iii. Desorden urbano (que es natural en una población minera, por la falta de planeación).

### 1.4 México: Sequías-Inundaciones

En México el cambio climático ya expresa sus efectos cada año, como son sequías en el Norte, inundaciones, huracanes más intensos y elevaciones en el nivel del mar en la costa del golfo. El cuadro lo describió el premio Nobel mexicano Mario Molina (Milenio, 2007). Una de las principales amenazas para México, será la alteración del ciclo hidrológico, esto representa sequias, inundaciones y huracanes de mayor intensidad.

Unas 600,000 familias tuvieron daños en sus propiedades o perdieron cultivos durante 2011 en varias partes de México debido a una combinación inusitada de inundaciones, sequía y clima gélido. En declaraciones del economista mexicano Heriberto Félix Guerra, menciona que durante el año 2012, la sequía en México ha sido tan grave que alrededor de 2.6 millones de personas en 1,650 pueblos y ciudades del norte del país no tenían ni siquiera agua para beber; el clima extremo es causado al parecer por el cambio climático y pronosticó que esos tipos de desastres naturales serán peores en los próximos años (noticias.aollatino.com, 2012). Hace 60 años, los campesinos Mexicanos, tenían bien establecidos los periodos de lluvias, con lo que realizaban sus periodos de siembra. Los periodos de lluvias, huracanes y secas, eran conocidos para sembrar los diferentes tipos de cultivos (maíz, sorgo, trigo, frutales etc.), en Durango se ha presentado una sequía desde hace 4 años, que representa la pérdida de 3,200 Millones de pesos entre los cultivos y pérdida de ganado.

Una de las herramientas que puede ayudar a conocer los efectos del cambio climático y los antropogénicos es la dendrocronología, además de ser un registro confiable en otros tipos de desastres naturales, como inundaciones, derrumbes y sismos entre otros.

### 1.5 Dendrocronología

La Dendrocronología o análisis de los anillos de crecimiento de los árboles, es una disciplina reconocida ampliamente como una herramienta para detectar cambios pasados del ambiente. Por ellos especialistas de diferentes áreas de investigación se interesan en el estudio de la Dendrocronología, como son estudios de productividad forestal, dinámica de bosques, reconstrucción de variabilidad climática, evaluación del incremento de CO<sub>2</sub>, datación de maderas fósiles (hasta 4,600 años), incidencia de plagas, movimiento de suelos (deslizamientos), incendios, inundaciones, sequías etc. (A. Roig, 2000). Una de las bondades que brinda la dendrocronología, es que las variaciones registradas se representan por año; es decir se tiene el registro perfecto de los eventos ocurridos en un año conocido. Esta herramienta es muy útil cuando no se cuenta con datos de los registros climáticos o eventos de interés que se requieran analizar.

Este tipo de técnicas pueden ser de gran utilidad en comunidades rurales o semi-rurales, donde aún la vegetación (principalmente donde existan bosques de coníferas), puede tener un cierto grado de conservación y puede aplicarse este tipo de análisis en los anillos de crecimiento de los árboles. En México para el año 2000, existían 42.7 millones de ha de áreas arboladas, de las cuales 26.2 corresponden a bosques (SEMARNAP, 2000), de estas más del 50% de la población de las regiones forestales mexicanas vive en condiciones de extrema pobreza. Las condiciones de salud, salubridad, nutrición y comunicación son generalmente muy deficientes y las estadísticas que las documentan revelan valores inferiores a los promedios nacionales.

El ejemplo más claro y reciente de esta problemática, es el ocurrido en 2013, durante el mes de Septiembre en la comunidad rural “La Pintada” en Guerrero, donde una serie de deslizamientos sepultaron una parte de la comunidad rural. De acuerdo a los registros geológicos reportados por Garduño Monroy V.H. y Hernández Madrigal V.M., ya habían ocurrido estos **fenómenos** en otros años. Como se aprecia en ambos sitios (Anganguero y La Pintada), presentan una similitud de

eventos y de vegetación, donde se puede analizar la geometría de los anillos de crecimiento para identificar catástrofes del pasado.

El hacer retrospectiva de escenarios ambientales y geológicos, siempre nos conducirá a conocer las formas de evolución y desarrollo de un medio natural y urbano, así mismo nos puede dar escenarios claros de eventos excepcionales ocurridos en el pasado, lo que nos puede permitir prever lo que podría ocurrir en tiempos futuros.

## 2.- Antecedentes

Para el presente trabajo de investigación, se llevó a cabo una revisión bibliográfica y documental en tres aspectos principales:

1. Los eventos ocurridos en Febrero del 2010 en Angangueo, como eventos excepcionales ocurridos en la zona de estudio.
2. Estudios realizados en materia de análisis de anillos de crecimiento de los árboles (coníferas).
3. Estaciones climatológicas (registros de lluvias en las diferentes estaciones climáticas cercanas al área de estudio, -60km.)

Comenzaremos con la descripción de los eventos ocurridos en el mes de Febrero del 2010, una serie de eventos desafortunados que provocó una tragedia en la región oriente de Michoacán, al parecer “*atípica*”, o mejor dicho no documentada con anterioridad. Durante los primeros días del mes, la combinación del frente frío número 28 y 29, con una serie de tormentas de baja presión procedentes del océano Pacífico, afectó a más de 20 municipios de la entidad michoacana (La Jornada, 2010), los más severamente afectados fueron cinco municipios: Angangueo (Deslizamientos, inundaciones, frente-frío) Ocampo (inundaciones-frente frío), Tuxpan (inundaciones y desbordamiento del Río Tuxpan), Zitácuaro (Inundaciones-frente frío)y Tiquicheo (avenidas de agua y desbordamiento en el río Tiquicheo). De los 40 decesos reportados, 21 corresponden a Angangueo, 14 a Ocampo y cuatro a Zitácuaro.

Es de resaltar que de acuerdo a la memoria histórica de algunos pobladores del poblado de Angangueo, hacen referencia a que aproximadamente el año 1953 o “*menos*”, había ocurrido un evento similar de deslizamiento en el cerro Catingón, pero no de la misma magnitud, sino de menor impacto.

Para el año 2013, no se tienen mayores avances en investigaciones que se encaminen a para evitar las tragedias geológico-ambientales, que se presentaron en el 2010, pero si se pueden realizar investigaciones que contribuyan al conocimiento de la dinámica del sitio, específicamente para Angangueo. Por ello se ha decidido utilizar una técnica poco conocida y aplicada a los bosques Michoacanos, pero efectiva para el estudio de estos sitios: la Dendrocronología, que es el

análisis de los anillos de crecimiento de los árboles, así como la deformación de estos, causada por factores externos al crecimiento normal de árbol.

Se revisó la información bibliográfica en cuanto los estudios realizados de Dendrocronología a nivel mundial, en México y en la región Oriente de Michoacán, así como las ciencias en las que se apoya para el entendimiento de los procesos de crecimiento, formación y deformación de los anillos de crecimiento de los árboles y la distribución espacial de las especies arbóreas. En segundo plano se revisaron las diversas investigaciones en materia de incendios, deslizamientos y plagas en los árboles (coníferas) de la zona de estudio.

Los primeros antecedentes de análisis de los anillos de crecimiento de los árboles, datan de antes de la era cristiana, con el discípulo de Aristóteles, Teofrasto, quien en sus diversas disciplinas de estudio se enfocó a la botánica, la geología, la física, la psicología, la política y la metafísica. Siendo el primer naturalista en preguntarse, por qué los anillos de los árboles presentaban irregularidades en los árboles. No fue hasta 1500 DC con Leonardo Da Vinci quien observo la simetría de los anillos de crecimiento de los árboles y comparó los árboles del norte con los del sur de Italia.

La primera investigación sobre anillos de crecimiento se atribuye a Duhamel y Buffon, en Francia (1737), quienes buscaron explicaciones de la excentricidad de los anillos, su desigual espesor y la formación de la albura (Studhalter 1956, Schweingruber 1988). En 1783, el botánico alemán Burgsdorf adujo que la formación de anillos está acompasada en árboles de la misma especie y la misma localidad. Él observó que las fuertes heladas del invierno entre 1708-1709 se reflejaban en los anillos de crecimiento de los árboles; por esto, Studhalter (1956) lo cataloga como el padre del crossdating (cofechado).

Andrew E. Douglass (1867-1962) es considerado como el "padre" de la dendrocronología. Douglass fue un estudiante del famoso astrónomo Percival Lowell quien, en 1894, fue enviado para construir un observatorio en Arizona. Durante la adquisición de la madera para la construcción del observatorio, Douglass notó las similitudes en los patrones de crecimiento, en el espesor del anillo de los tocones de los árboles derribados para la construcción. En la década de 1920, Douglass fue pionero en la ciencia de la dendrocronología, lo más importante, diseño el principio de crossdating aplicado a una variedad de diferentes las disciplinas, desde la climatología hasta la botánica.

Fritts (1976) define a la Dendrocronología como la ciencia que trata con la reconstrucción de eventos pasados por medio del estudio y fechado de los anillos de crecimiento de los árboles. Fundamentalmente, consiste en la comparación de los patrones de anchos de anillos (i.e. secuencia de anillos anchos y estrechos) de varios árboles con el objetivo de establecer la fecha exacta en que cada anillo fue formado (Fritts, 1976).

De acuerdo con la NOAA's National Climatic Data Center (NCDC, 2012) existen 3165 estudios relacionados con anillos de crecimiento de los árboles en diferentes especies y sitios en todo el mundo; información generada con objetivos diferentes.

En los últimos 20 años se han realizado varios estudios principalmente en el Norte de América, con diferentes especies de *Pinus*, una de ellas es el *Pinus aristata* Englm, que es la especie más longeva que permitió obtener una cronología de 7,100 años (Ferguson, 1969). Para América del sur el registro más antiguo es de 3,600 años obtenido de una especie llamada *Fitzroya cupressoides* (Mol.).

Ballesteros *et al.*, 2008, describen como mediante indicios dendrogeomorfológicos en los márgenes de los ríos, se puede estudiar la anatomía de la madera de los árboles afectados por avenidas torrenciales de agua y lodo, mediante la identificación de marcas y señales, donde es posible mejorar la estimación de la frecuencia, magnitud y características físicas (carga sólida, régimen de flujo etc.) de las avenidas torrenciales en aquellas cuencas montañosas donde no existe información foronómica y/o pluviométrica estadísticamente representativa.

Ballesteros *et al.* 2008, también describe como la abundante vegetación que se conserva en los márgenes de los ríos, es una útil y precisa fuente de información espacio-temporal; debido a que la interacción de la vegetación con las áreas de influencia de procesos reiterados permite localizar formas o señales sobre los árboles denominados *indicios dendrogeomorfológicos* (Díez-Herrero *et al.*, 2008) dejando su impronta en el registro anual de anillos de crecimiento. La localización sobre el terreno de estos árboles y de dichas señales en la serie anual de crecimientos permite reconstruir eventos pasados espacial y temporalmente (Ballesteros, 2008; Díez Herrero *et al.*, 2008). Las especies utilizadas en estos estudios son: *Fraxinus angustifolia*, *Quercus pirenaica*, *Populus nigra*, *Alnus glutinosa*, *Pinus pinaster* y *Salix atrocinerea*.

Un estudio dendroquímica en el parque Desierto de Los Leones, al oeste de la Ciudad de México, reveló niveles de cadmio a partir de la década de 1960, que Watmough y Hutchinson (1998) atribuyen a la urbanización elevada de plomo y el incremento del uso de vehículos de motor en el Valle de México. Bernal-Salazar *et al.* (2004) utilizaron anillos para caracterizar la historia de los impactos de la contaminación del aire en los árboles en la misma zona, la búsqueda de evidencia de los efectos causados por la contaminación del aire ya en la década de 1970 (conifers.org, 2005).

Actualmente existe un proyecto llamado Dendro-avenidas, con el propósito de investigar sobre la aplicación de técnicas dendrogeomorfológicas para el estudio y mejora en la estimación de frecuencias y magnitudes de avenidas torrenciales, este proyecto se puso en marcha en octubre de 2007 denominado Dendro-Avenidas que está siendo desarrollado en el IGME (Instituto Geológico y Minero de España) y con la participación de universidades (Universidad Politécnica de Madrid -Escuela de Montes y Forestales; Universidad de Castilla la Mancha; Universidad de Texas A&M, EE.UU; Universidad de Friburgo-Suiza) y entes públicos y privados (Montes de Valsaín; Protección Civil Segovia, Ávila y Castilla-La Mancha; Arnaiz Consultores).

Existen algunos otros estudios que pueden enmarcarse dentro de la dendrogeomorfología (Alestalo, 1971; Shroder, 1980; Villalba, 2000; Solomina, 2002), que estudia los procesos geodinámicos a partir de anillos de crecimiento. Las variaciones en los anillos de los árboles pueden ser utilizadas para fechar eventos geodinámicos, tales como terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, fluctuaciones glaciales, avalanchas de nieve e inundaciones (Villalba, 2000).

La gran mayoría de los trabajos documentados que han aplicado técnicas dendro-geomorfológicas para datar y examinar los efectos de eventos tectónicos pasados se han llevado a cabo en el hemisferio norte, especialmente en EE.UU. (Jacoby *et al.*, 1988; Jacoby, 1997; Yamaguchi *et al.*, 1997). En Chile sólo han sido documentados los efectos de terremotos históricos (i.e. 1737, 1837, 1939 y 1960) en el sector este de la Cordillera de los Andes (Veblen *et al.*, 1992; Kitzberger *et al.*, 1995; Villalba, 2000), y en el estuario del río Maullín (Machuca, 2005), (Ignacio Schiappacasse, 2007).

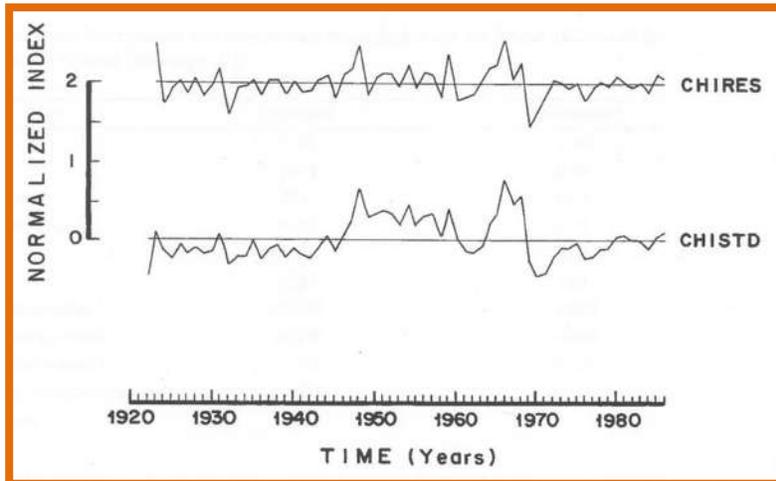
En México se han publicado investigaciones que han contribuido al conocimiento científico, del análisis de estructuras de crecimiento de los árboles (anillos); como los fechamientos de los árboles más longevos en México. Según Villanueva *et. al.*, 2010, reportan la especie de *Pseudotsuga menziesii* que logra edades mayores a 600 años al igual que *Pinus hartwegii* y ambos taxones son útiles para estudios paleoclimáticos; también reportan otras especies como *Pinus cembroides*, *Pinus pinacea*, *Pinus culminicola* y *Pinus lumholtzii*, que alcanzan edades de 300 años o más. Mientras que *Taxodium mucronatum* (Tule), es la especie más longeva en México y esta especie puede ser milenaria (2,000 años de edad), se han ubicado en bosques de galería de los estados de San Luis Potosí, Durango y Querétaro y Oaxaca, México.

Existen dos trabajos relevantes en cuanto el impacto de las erupciones volcánicas sobre los ecosistemas forestales que se pueden investigar mediante registros dendrocronológicos, por la disminución de la temperatura del aire dando lugar a los anillos anchos de la madera tardía. Este estudio se realizó en el Nevado de Colima, México, que indica un bajo crecimiento en 1913 y 1914, después de la erupción del volcán en 1913, (Biondi, *et al.* 2003).

La erupción del Parícutín (1943-1952), en Michoacán, México, provocó respuestas dendrocronológicas y dendroquímicas, que pueden ser útiles como herramientas para fechamiento de erupciones volcánicas; donde se observó ligeramente la supresión en el ancho de los anillos y alta variabilidad interanual de ancho. Se observaron cambios en la anatomía de la madera incluyendo canales resiníferos traumáticos y bandas delgadas de falsa madera tardía. A partir de 1943 el contenido de azufre aumentó en los anillos de cuatro árboles y contenido de fósforo aumentado en los anillos de dos árboles. También se observó que en los pinos del volcán Parícutín, presentaban la supresión en el ancho de los anillos durante cinco años a partir de 1970. Sin embargo, la supresión de 1970 fue en respuesta a la defoliación por un brote de mosca de sierra del pino, no a una erupción (Sheppard, *et al.*, 2008).

El trabajo de mayor relevancia en relación al análisis de anillos de crecimiento de los árboles de la zona de estudio, fue publicado por Huante *et al.* en 1991, determinó las relaciones de crecimiento de los árboles y el clima para desarrollar una cronología crossdated para la Reserva de la Mariposa Monarca en Michoacán. En este estudio se pueden observar una cronología de 1922 a 1986, para

*Abies religiosa*, mostrando los picos de máximas temperaturas y periodos de estiaje para la reserva de la Mariposa Monarca; siendo este estudio el único representativo para el centro del país (Fig. 3).



*Figura 3 Cronología maestra de Abies religiosa, en Sierra Chincua, Angangueo, Michoacán, México*

*Se observa una cronología de 1922 a 1986, varios periodos claves como son sequias recurrentes y periodos de lluvias.*

Fuente: Huante *et al.* 1991.

En la cronología anterior, se identifican dos picos elevados con registros de lluvias; se identifica el año 1948, como un año excepcional de lluvias al igual que 1966. Y para las sequias el dato más relevante es el identificado en 1970, que coincide con los reportes de periodos de sequias en el país. Por lo cual este estudio ha contribuido de manera sustancial al presente trabajo de investigación.

Los diferentes estudios en relación al presente trabajo han aportado conocimientos útiles para la comprensión y análisis integral de la información, que se genera del área de estudio.

### 3.- Justificación

En el año 2010, se suscitaron eventos al parecer, atípicos para la región oriente de Michoacán. Una serie de eventos climáticos y geológicos, ocurrieron en los municipios de Angangueo, Ocampo, Tuxpan, Zitácuaro y Tiquicheo, que presentaron una afectación severa, siendo caracterizados por derrumbes e inundaciones en Angangueo e inundaciones en el resto de los municipios. De acuerdo a los reportes oficiales de los 35 decesos, 19 corresponden a Angangueo, 14 a Ocampo y dos a Zitácuaro. Existe una diversidad de técnicas, disciplinas y métodos que contribuyen al conocimiento científico que siempre debe de ir en beneficio de la sociedad. Debido a ello, se buscaron algunas disciplinas auxiliares que pudieran brindar información acerca de estos eventos. Vista la vegetación existente y las condiciones climáticas, las técnicas de análisis de anillos de crecimiento de los árboles, ofrecen una alternativa para describir las condiciones climáticas que influyen en el crecimiento y expresión de los anillos de los árboles. Los anillos de crecimiento de las coníferas principalmente, expresan los eventos atípicos que ocurren en las áreas donde crecen los árboles, influyendo en la anatomía del árbol. Por lo cual estos estudios brindan herramientas de planeación para nuevos asentamientos urbanos y prevenir escenarios de desastres naturales. Estas técnicas pueden ser aplicables y de gran utilidad en centros de población que están asentados en zonas boscosas; donde la vegetación permite realizar este tipo de análisis y obtener información de eventos climáticos, incendios, deslizamientos y plagas; con el objeto de conocer el pasado para prevenir el futuro mediante la prevención de posibles escenarios de desastre.

## 4.- Objetivos

### 4.1 Objetivo general

- ❖ Definir en base al análisis de anillos de crecimiento de los árboles de coníferas, los eventos hidrogeológicos y ambientales en el margen del Rio Catingón-San Pedro en el Municipio de Angangueo Michoacán.

### 4.2 Objetivos Particulares:

- ❖ Caracterizar los principales géneros de árboles apropiados para la aplicación de la Dendrocronología en la zona de estudio.
- ❖ Realizar una reconstrucción climática para el Municipio de Angangueo, en base a las técnicas de Dendrocronología.
- ❖ Analizar la geometría de anillos para caracterizar eventos hidrológicos particulares en el pasado, como son incendios y deslizamientos.
- ❖ Realizar un análisis comparativo para el procesamiento de las muestras de árboles, utilizando los programas WinDendro e Image-Pro.

## 5.- Hipótesis

Los desastres ocurridos en el presente podrían parecer únicos, sin embargo el análisis del pasado grabado en los anillos de árboles nos puede ayudar a identificar su frecuencia y su intensidad, ya que ellos son susceptibles al cambio climático y a los procesos ligados, como derrumbes e incendios.

## CAPÍTULO II

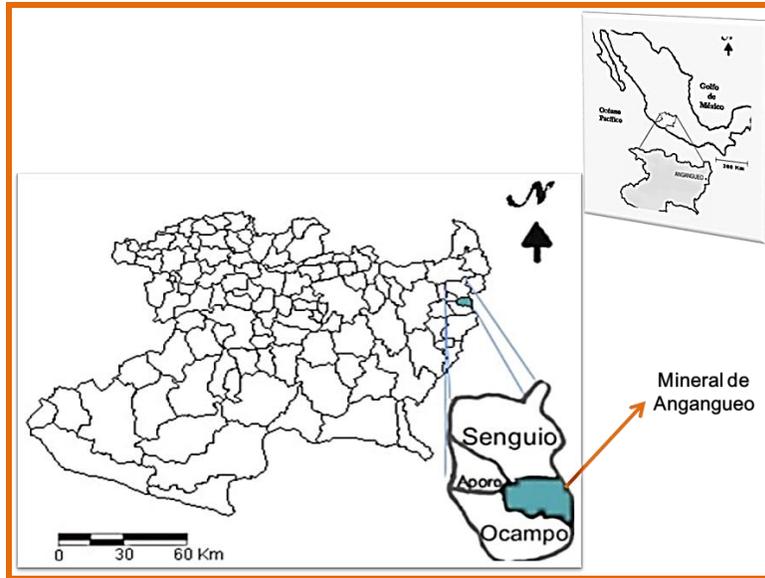
### 2.- Descripción de la zona de estudio

#### 2.1 Localización

No existe un criterio uniforme en lo referente al significado de la palabra Angangueo, mientras algunos etimologistas afirman que su traducción es "*a la entrada de la cueva*", otros consideran que viene de la palabra anga y se traduce como "*cosa muy alta*" e incluso se afirma que significa "*dentro del bosque*" (Enciclopedia de los municipios de México, 2011).

Corresponde al municipio del estado de Michoacán, Mineral de Angangueo, que es la cabecera municipal de Angangueo; se localiza en la porción centro-sur de la República Mexicana que a su vez pertenece a la parte central de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), en el extremo noreste del estado de Michoacán a 170 kilómetros de la ciudad de Morelia, en las coordenadas 19° 37" de latitud norte y en los 100° 17" de longitud oeste, a una altitud de 2.580 metros sobre el nivel del mar. Colinda con los municipios de Áporo al oeste, Senguio al norte y Ocampo al sur; también colinda con el Estado de México, con el municipio de San José del Rincón al oeste (INEGI, 2011).

Angangueo se localiza a 34 km al norte de Zitácuaro y el acceso por la desviación a San Felipe los Alzati, por la carretera federal No. 15 México-Morelia. Otro acceso por donde se puede llegar a este municipio es por la autopista México-Morelia-Guadalajara, por el entronque a Maravatío y llegando a Irimbo para tomar la desviación a Áporo y posteriormente al entronque Angangueo-Ocampo para así llegar al Municipio (Fig. 4).

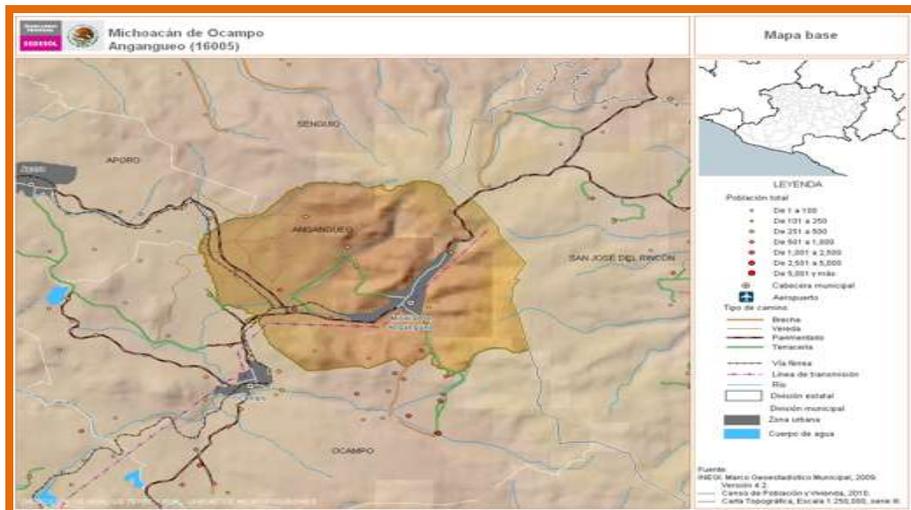


**Figura 4 Localización del municipio de Angangueo**

Angangueo se localiza a 34 km al norte de Zitácuaro y el acceso por la desviación a San Felipe los Alzati, por la carretera federal No. 15 México-Morelia.

Fuente: Enciclopedia de los Municipios de México, 2012.

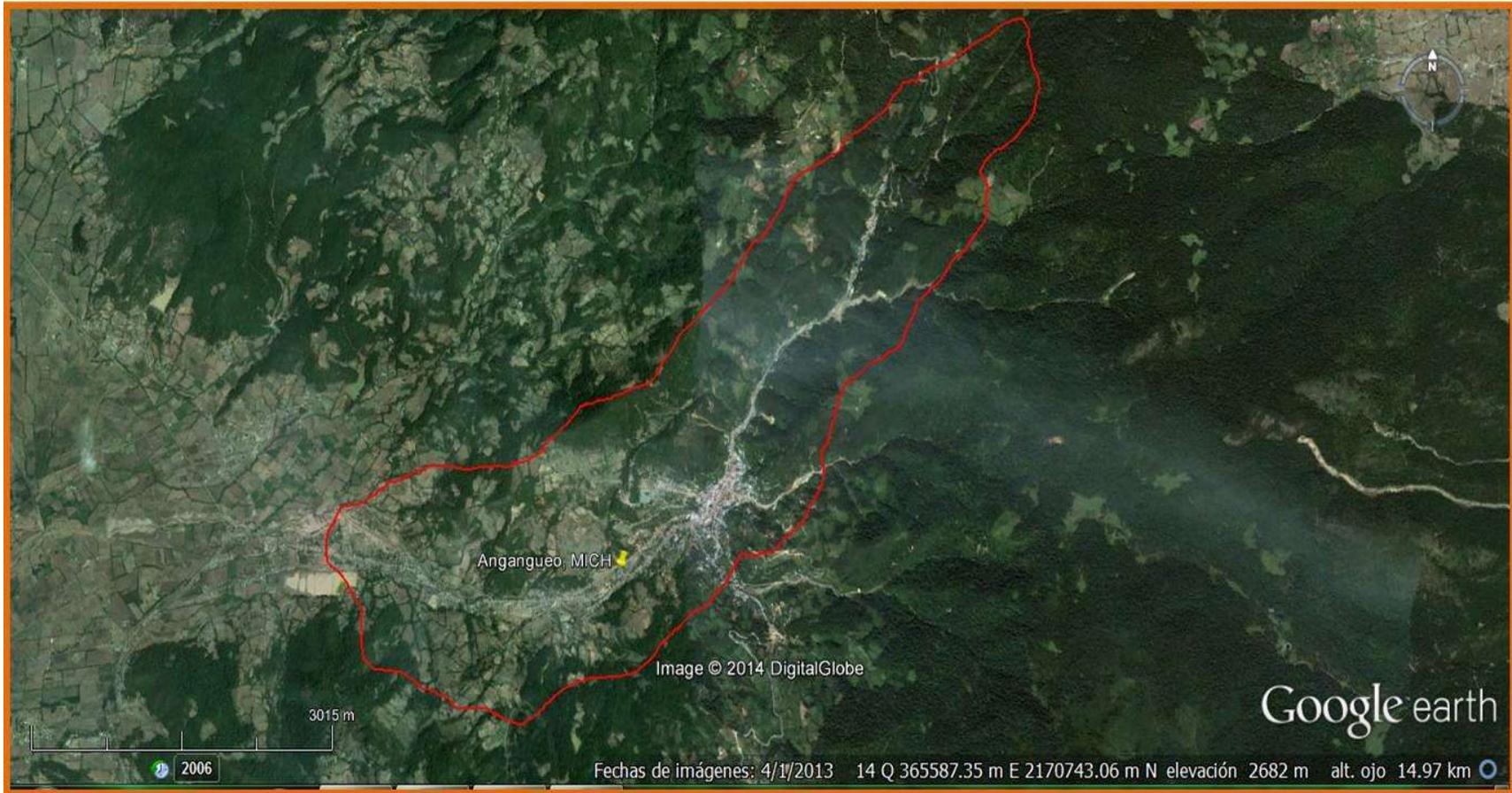
La superficie de su territorio municipal corresponde 85.64 Km<sup>2</sup>, que representa el 0.14% del total del estado. De acuerdo con el INEGI en el 2010, la población contada era de 4,601 habitantes para las comunidades de Catingón y Guadalupe, para el municipio es 10,768, distribuidos como se marca en la figura 6. Su densidad poblacional es de 139.72 Habitantes/Km<sup>2</sup> (Fig. 5).



**Figura 5 Distribución de la población, de acuerdo con SEDESOL, 2013**

Se observan la localización de las comunidades en base del número de pobladores

Fuente: Microrregiones, SEDESOL, 2013.



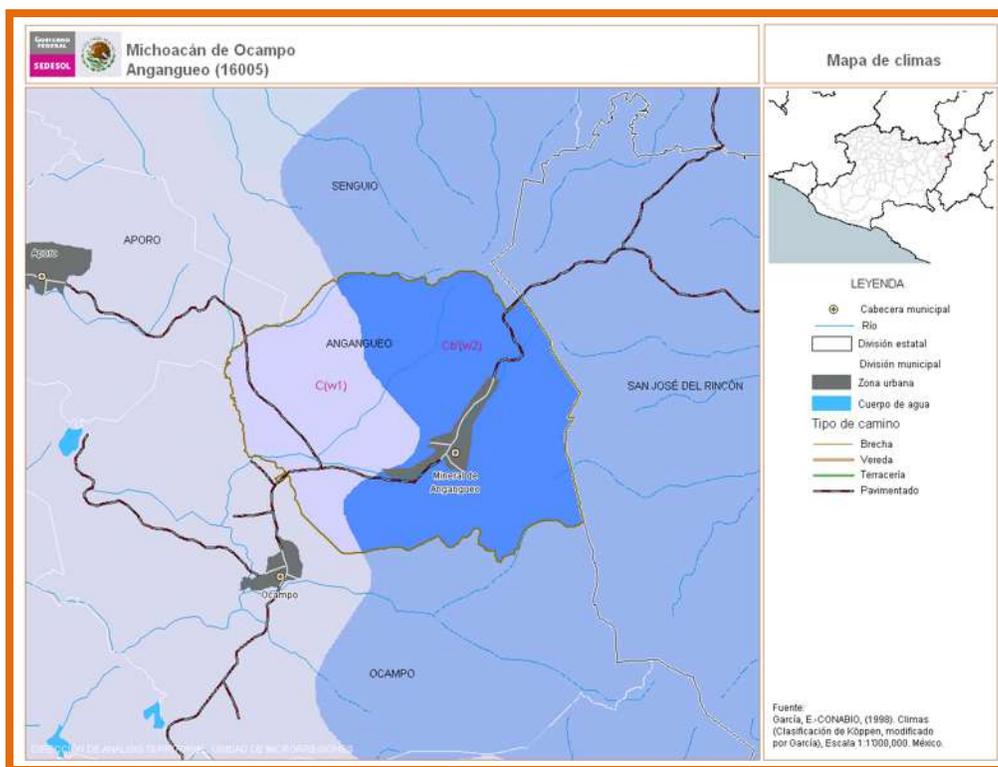
***Figura 6 Localización del sitio de estudio en el municipio de Angangueo, Mich.***

*Se observa la distribución del asentamiento humano, con la asociada fragmentación del paisaje por cambio de uso del suelo*

Fuente: Google Earth, 2013

## 2.2 Clima

Existen diferentes fuentes bibliográficas del clima preciso que rige esta área, debido a la falta de información completa de las estaciones climáticas del área, ya que no se cuenta con un registro continuo y completo de las precipitaciones y temperatura de la zona. De acuerdo con la CONABIO que se basa en la clasificación de García 1988, se describe como semifrío, subhúmedo con verano fresco largo Cb (w2), y con un clima C (w1) en menor proporción, con una temperatura media anual de entre 5°C y 12°C. Para el mes más frío se registran temperaturas entre -3°C y 18°C; para el mes más cálido 22°C. En relación al registro de precipitaciones el mes más seco alcanza los 40 mm; en las lluvias en verano y el porcentaje de lluvia invernal es del 5 al 10.2% del total anual. La precipitación media anual oscila entre los 800 y 1200 mm (Fig. 7).

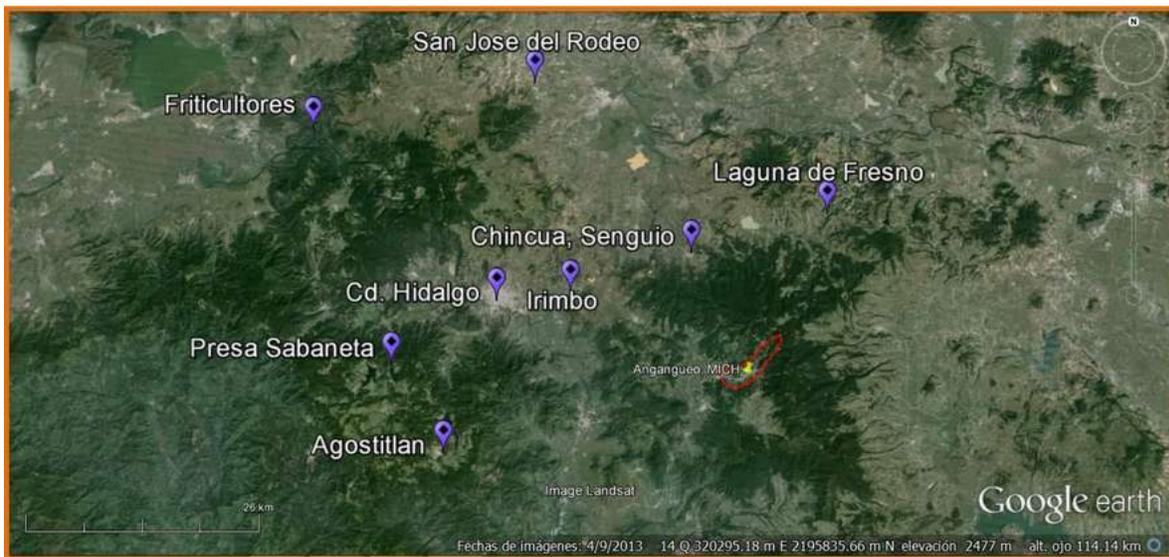


**Figura 7 Mapa de clima del municipio de Angangueo**

*El clima predominante en la zona de estudio corresponde a Cb (w2) que se describe como semifrío, subhúmedo con verano fresco largo*

Fuente: CONABIO 1998

De acuerdo a las estaciones climáticas distribuidas en el oriente del estado de Michoacán y el Estado de México, se localizan ocho estaciones climáticas, cercanas a la zona de estudio, con registros desde 1922 al 2010, mismas que presentan registros incompletos de años, meses y días. Esto se debe a la falta de continuidad en los procesos administrativos y gubernamentales, ya que con los cambios de administraciones, se cambia de personal que registre estos datos o inclusive hay estaciones donde no cuentan con personal. Una de las estaciones más completas es la de Ciudad Hidalgo que cuenta con un registro desde 1922-1988, está a cargo de la CFE. Las estaciones climáticas registran la temperatura y precipitaciones diarias, ocurridas en los lugares que están instaladas. En la siguiente figura se observan las estaciones climáticas analizadas para el presente trabajo de tesis (Fig. 8).



**Figura 8 Localización de las estaciones climáticas de la región Oriente de Michoacán**

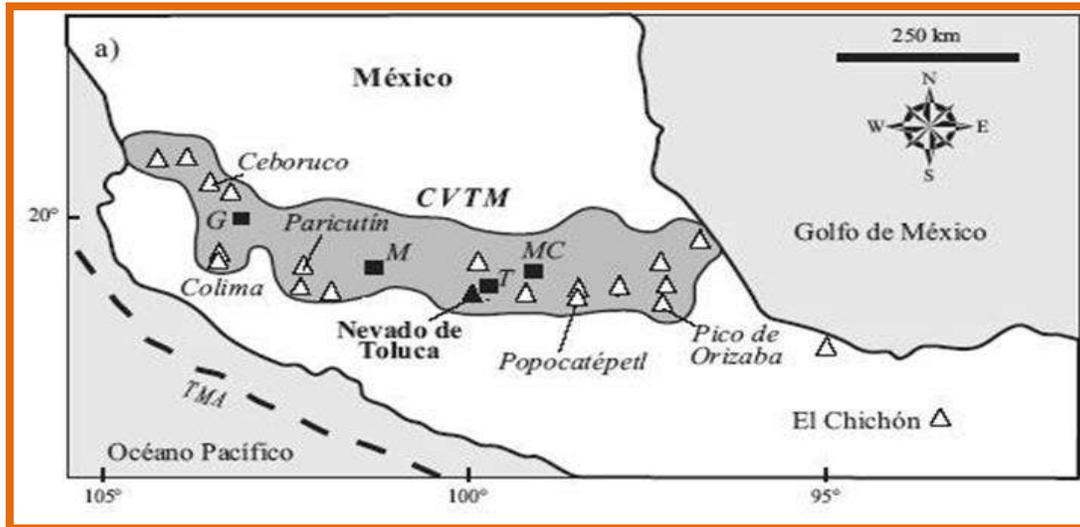
*El registro obtenido de las estaciones climáticas no es confiable, debido a la falta de constancia en el registro de datos, y al analizar los datos se observan algunas incongruencias en los registros aquí plasmados, mismos que se describirán en el capítulo de análisis de datos climáticos.*

Fuente: Google Earth, 2012

### 2.3 Geología

El municipio de Angangueo, está asentado sobre el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM) que es una cadena montañosa que atraviesa de este a oeste la porción central de la República Mexicana. Está caracterizada por una gran actividad volcánica y sísmica que forma parte del cinturón circum-Pacífica, región en donde se concentran la mayor cantidad de volcanes en todo el

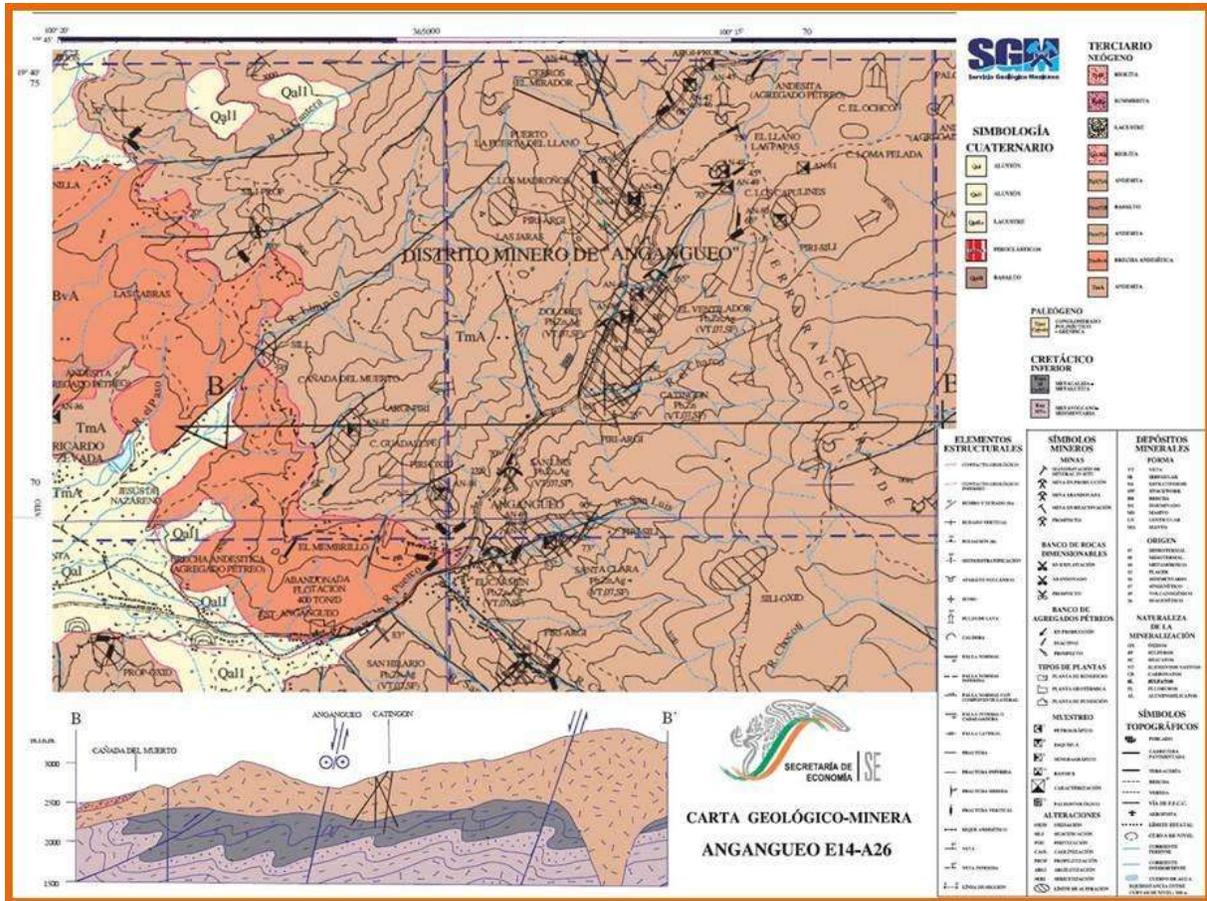
mundo (Ferrari *et al.*, 2010). El CVTM es una amplia franja volcánica irregular de 900 x 70 kilómetros aproximadamente (aunque esta distribución puede variar). Cuyo origen es generalmente asociado con la subducción de las placas oceánicas Rivera y Cocos, por debajo de la Placa de Norteamericana, a lo largo de la costa pacífica (Fig. 9).



*Figura 9 Localización del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano*

Fuente: D'Antonio, Marco *et al.*, 2008

La zona de estudio está constituida principalmente por rocas ígneas extrusivas (andesitas) que cubren toda la sierra de Angangueo (Fig. 10), los aparatos volcánicos que se encuentran en este sitio presentan una dirección NNW-SSE que a su vez, son cortados por fallas NW-SE (Fig. 10) (Garduño *et al.*, 2011).



**Figura 10 Carta Geológico-Minera de Angangueo (E14-A26)**

En Angangueo la unidad más importante son de aparatos volcánicos de tipo andesítico, donde se pueden observar derrames de lavas, brechas y flujos de fragmentos. En ellas se pueden distinguir texturas porfídicas y eventualmente afanítica, donde destacan las horblendas o piroxenos. Esta unidad ha sido considerada del Mioceno.

Fuente: Servicio Geológico Mexicano, 2000

El primer suceso magmático constituye la base del evento que forma parte del Cinturón Volcánico Trasmexicano y da inicio a partir del Mioceno (12 Ma). Teniendo un pulso muy importante entre 4 y 2 Ma con la conformación de estructuras de tipo calderico que se desarrollan en la zona de Amealco, El Capulín y Los Azufres. Posterior a este magmatismo ácido ligado a calderas predomina el vulcanismo monogenético del pequeño campo volcánico de Zitácuaro Maravatio emplazado en estructuras NNO-SSE y E-O Se trata de aparatos volcánicos de escoria y ceniza que se acompañan por derrames de lava importantes y muy eventualmente domos (Garduño *et al.*, 2011).

Esta roca andesítica presenta una textura y estructura variable ya que en algunas zonas se han observado pequeñas vesículas las cuales presentan composición andesítico-basáltico. La mayoría de los afloramientos presentan altos grados de alteración (Garduño *et al.*, 2011).

La Geología de la zona de Angangueo puede ser resumida de acuerdo a los estudios de la carta geológica de Angangueo del Servicio Geológico Mexicano (SGM), en la que podemos separar una columna que va desde el Jurásico al actual. Los depósitos actuales están constituidos por espesores importante de suelos, flujos de detritos, flujos de lodos y materiales producto de la actividad erosiva de las grandes pendientes, además de desechos mineros (Garduño *et al.*, 2011). El Jurásico aflora fuera de la zona de estudio, pero es bien conocido en la zona de Zitácuaro, en Senguio, en Tlalpujahua-El Oro y en Ocampo, Mich. Se trata de rocas metasedimentarias cuyo protolito está constituido por son rocas terrígenas, rocas volcánicas efusivas y explosivas. Presentan una estructura esquistosa, con cuarzo segregado (facies esquistos verdes). Hacia Tlalpujahua esta unidad contiene metacalizas en formas de grandes lentes, además de radiolaritas que han sido consideradas del Jurásico Cretácico (Garduño *et al.*, 2011).

En Angangueo la unidad más importante está constituida por aparatos volcánicos de tipo andesítico, donde se pueden observar derrames de lavas, brechas y flujos de fragmentos. En ellas se pueden distinguir texturas porfídicas y eventualmente afanítica, donde destacan las hornblendas o piroxenos. Esta unidad ha sido considerada del Mioceno. Es en estas andesitas donde se emplazó el yacimiento de la Mina de Angangueo (Garduño *et al.*, 2011).

Cubriendo a esta unidad volcánica andesítica del Mioceno se tienen varios tipos de unidades, que pueden ir desde basaltos hasta dacitas, los primeros hacia el noreste de Angangueo y los segundos en la zona de Ocampo y Zirahuato, donde se han formado domos dacíticos espectaculares cuyas reactivaciones Pleistocénicas que han generado grandes depósitos de avalanchas durante el Pleistoceno (Garduño *et al.*, 2011).

Sobre el cauce del Río Catingón y El Melón, se observaron depósitos fluviales y lacustres así como depósitos de talud y en muchas secciones, erosionadas por el eventos del 2010. Se observaron depósitos de flujos de detritos, flujos hiperconcentrados, que son cubiertos por dos depósitos de flujos de detritos que se asociaron a los eventos de 1940 y 1994, (Garduño *et al.*, 2011).

Desde el punto de vista de Geología estructural, la zona de Angangueo está afectada por estructuras E-O, así como por una serie de diques de dirección E-W y NNW-SSE. En los arroyos se observaron sistemas de fracturas con las mismas direcciones mencionadas E-O y NNW-SSE (Garduño *et al.*, 2011).

Al ocurrir los deslizamientos del año 2010, quedó descubierta la roca madre y se pudieron observar diversas fracturas de la zona, mismas que siguen siendo analizadas y serán descritas en un futuro. Es importante resaltar que los deslizamientos ya habían ocurrido en épocas anteriores, ya que los flujos de detritos se pueden observar en la zona de estudio. La capa de suelo sostiene una capa de vegetación con árboles de más de 80 años (Fig.11).

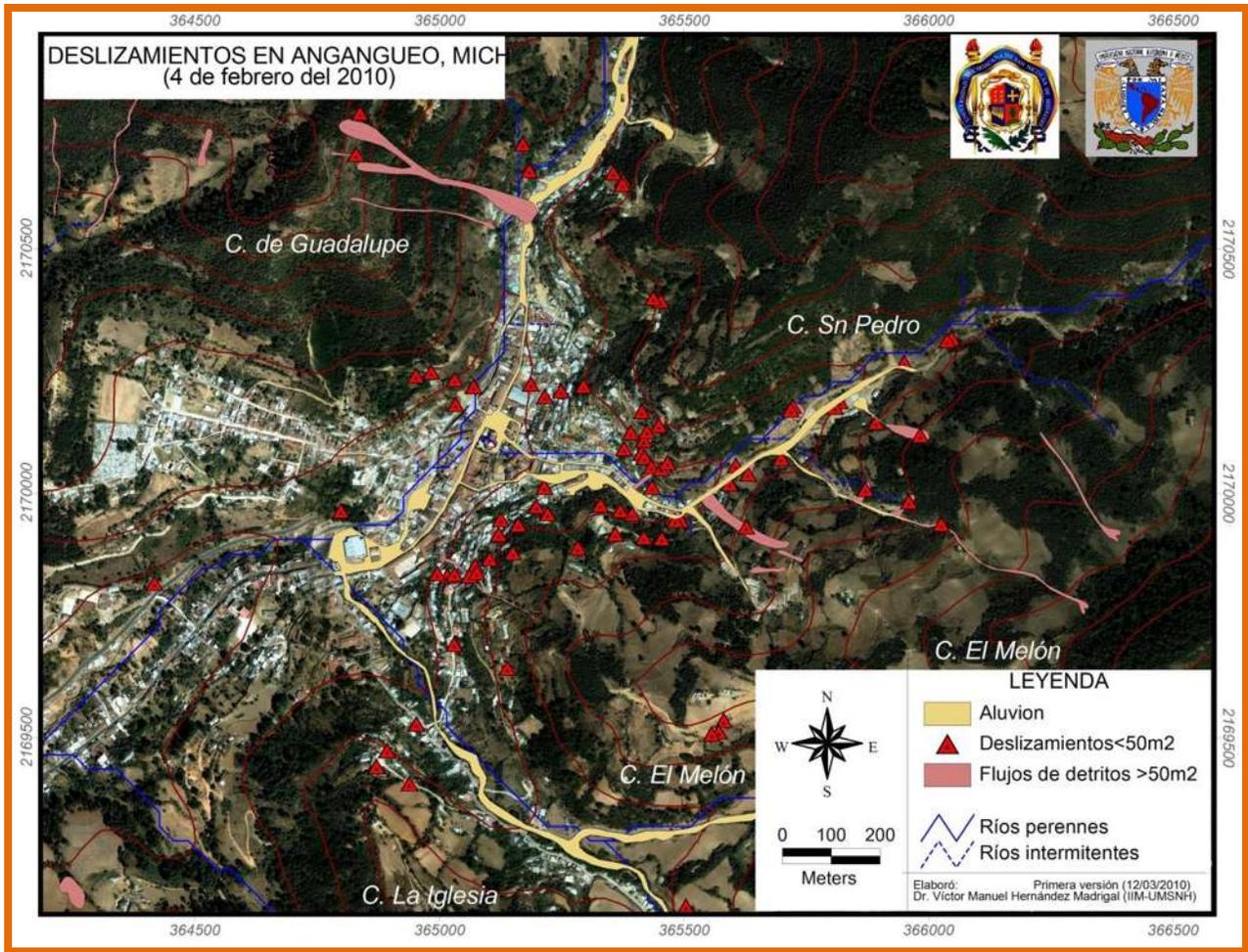


**Figura 11** Detritos debajo de la capa vegetal y de las casas al margen del río San Pedro.

(1) Se observa los flujos de detritos en la zona de estudio, con una vegetación de más de 70 años, las raíces de los árboles se han desarrollado encima de estos detritos. (2) El tamaño de los detritos es variado desde unos 2 cm a 20 cm. (3) Río abajo del San Pedro se observa que los asentamientos humanos se localizan también encima de los flujos de detritos y el suelo es relativamente escaso (5-15 cm). Los asentamientos presentan una infraestructura insuficiente.

Fuente: Elaboración propia, 2012

De acuerdo con Hernández-Madrigal (comunicación personal), en el mes de febrero del 2010 ocurrieron alrededor de 50 deslizamientos de diferentes magnitudes en esta localidad. Debido a los escurrimientos de los ríos Catingón, San Pedro y Carillos que fueron los que mayor desastre ocasionaron en la comunidad, pero sin duda alguna uno de los deslizamientos de mayor impacto fue el de Cerro Guadalupe, donde perecieron nueve personas sepultadas en sus casas por la masa de lodo y vegetación arrastrada por el desprendimiento (Fig. 12).



**Figura 12 Deslizamientos del 4 de Febrero del 2010 en Angangueo, Mich.**

*Se observa la localización de los diferentes deslizamientos y flujos de detritos, que en Febrero del 2010, afectaron al centro de población por las lluvias atípicas registradas.*

Fuente: Hernández Madrigal, 2010

Al observar las características del terreno, se optó por realizar este trabajo de investigación, en el margen del río Catingón hasta su entronque con el río San Pedro. Siguiendo la mancha urbana de las poblaciones de Catingo, Guadalupe y Angangueo. Debido a la vegetación que aquí se encuentra, es una zona apta para el análisis de anillos de crecimiento de los árboles.

## 2.4 Estratigrafía

### 2.4.1 Terreno Guerrero

La zona de estudio tiene un basamento de rocas vulcanosedimentarias metamorizadas de posible edad Jurásico superior al Cretácico inferior caracterizada por esquistos pelíticos. Esta unidad está

aparentemente sobreyacida en discordancia por una secuencia constituida por lavas de andesitas, pillow-lavas, conglomerados, areniscas y calizas de plataforma. Sobre estos depósitos se identifica un paquete de rocas terrígenas de tipo areniscas y conglomerados que le asignan a la secuencia un rango estratigráfico del Hauteriviano al Albiano (Israde y Martínez, 1986).

Finalmente se observan secuencias mesozoicas en la base, las cuales son sobreyacidas en forma discordante por potentes unidades volcánicas, lacustres y depósitos fluviales del terciario y Plio-Cuaternario, que constituyen las geoformas de esta zona (INEGI 2000).

#### *2.4.2 Formación Acapetlahuaya*

Esta es una secuencia de sedimentos detríticos volcánicos interestratificados compuesta principalmente de areniscas y lutitas interestratificadas; presenta un metamorfismo regional de bajo grado y facies de esquistos verdes, y una fuerte deformación dúctil que genera microplegamiento y una estructura esquistosa. Por correlación con algunas estructuras del subterreno Teloloapan (Campa., *et al* 1976), considera que esta unidad pertenece al Altiplano superior (INEGI 2000).

#### *2.4.3 Formación Amatepec*

Esta es una secuencia sedimentaria carbonatada donde se reconocen diferentes litofacies que incluyen: calizas de intermarea, calizas arrecifales, calizas de talud y cuenca con abundantes estructuras primarias (Guerrero., *et al* 1993). Presenta un metamorfismo regional de bajo grado, facies de esquistos verdes, y una fuerte deformación dúctil que genera intenso plegamiento y una estructura esquistosa. Por correlación estratigráfica a esta unidad se le asignó una edad del Aptiano-Albiano (Campa y Ramírez, 1979; Guerrero *et al.*, 1991; Monnod y Busnardo in Salinas, 1994).

#### *2.4.4 Andesita "Anganguero"*

Esta unidad representa la manifestación masiva con que se inicia la actividad volcánica de la FVTM en la zona (Pasquaré *et al.*, 1991). Constituye las sierras de Chincua, Rancho Grande y

Campanario, que conjuntamente forma una estructura alargada de dirección NNW-SSE más conocida como sierra de Angangueo. Cubre en discordancia angular a la secuencia metamórfica. En las posiciones centro, norte y suroeste, la andesita está cubierta por las coladas basálticas de los edificios volcánicos cuaternarios (Corona, *et al.*, 2000).

Esta unidad es del Mioceno tardío y está soportada por dos fechamientos radiométricos realizados al sureste de Angangueo por parte de la comisión federal de electricidad (CFE) utilizando el método (K-Ar) cuyo resultado fue de 17.6 y 13.1 Ma, +/-1 (Corona *et al.*, 2000).

#### *2.4.5 Brecha andesítica "Estación Angangueo"*

Esta es una unidad brechoide constituida casi en su totalidad por fragmentos angulosos andesíticos incluidos en una matriz lávica y afanítica de la misma composición y corresponde a un flujo piroclástico consolidado, con matriz andesítica, (Garduño 2000). Este autor considera que las brechas son posteriores y cubren discordantemente a los derrames de la andesita, lo anterior es debido a que la brecha contiene fragmentos de derrames andesíticos que son los últimos que se generan durante la conformación de la andesita Angangueo. Considerando que esta unidad brechoide se originó durante el Mioceno superior por su íntima relación con la "andesita Angangueo" (Garduño 2000).

#### *2.4.6 Ignimbrita "Valerio"*

Es una sucesión de depósitos de flujos piroclásticos de tipo ignimbríticos y esporádicamente depósitos de caída piroclástica cuyo origen es la caldera "el Capulín" y se tiene una edad del plioceno. Cabe resaltar que este tipo de roca solo aflora en la parte norte y al oeste de la zona de estudio (Garduño 2000).

#### *2.4.7 Basaltos cuaternarios*

Estos son los edificios volcánicos basálticos presentes en el área de estudio, que presentan las últimas manifestaciones de la FVTM y que se caracterizan por mostrar una estructura en coladas o

aparatos monogenéticos que se superponen a todas las unidades precuaternarias (Garduño 2000). Forman conjuntos de edificios con centros de emisión múltiple en donde los derrames se superponen en una sucesión de eventos basálticos similares. Se consideran que estos basaltos son posteriores a la emisión de la caldera el capulín (fuera de nuestra zona de estudio), por ello se dice que son del cuaternario. Además se presentan muy poco erosionados, con estructura radial y algunos con un grado de intemperismo (Garduño 2000).

El ambiente de depósito es de arco volcánico continental durante las últimas fases de la FVTM, que pudo estar relacionada a zonas fisurales de fallas o zonas de datación cortical (Garduño., *et al* 2000).

#### *2.4.8 Piroclásticos "Palizada"*

Son depósitos piroclásticos de caída (fall). Esta unidad solo aflora en la parte oriental de la zona de estudio cubriendo mayoritariamente a la andesita de "Anganguo" (Corona *et al.*, 2000).

#### *2.4.9 Depósitos aluviales y de planicie*

Estos son los materiales sin consolidar, originados por la erosión de rocas preexistentes, transportados y posteriormente depositados en las partes bajas. Se encuentran en las partes topográficas más bajas. Están compuestos por limos, arcillas, arenas, gravas, sin consolidar y cubren discordante e indistintamente a todas las unidades descritas anteriormente (Fig. 13).

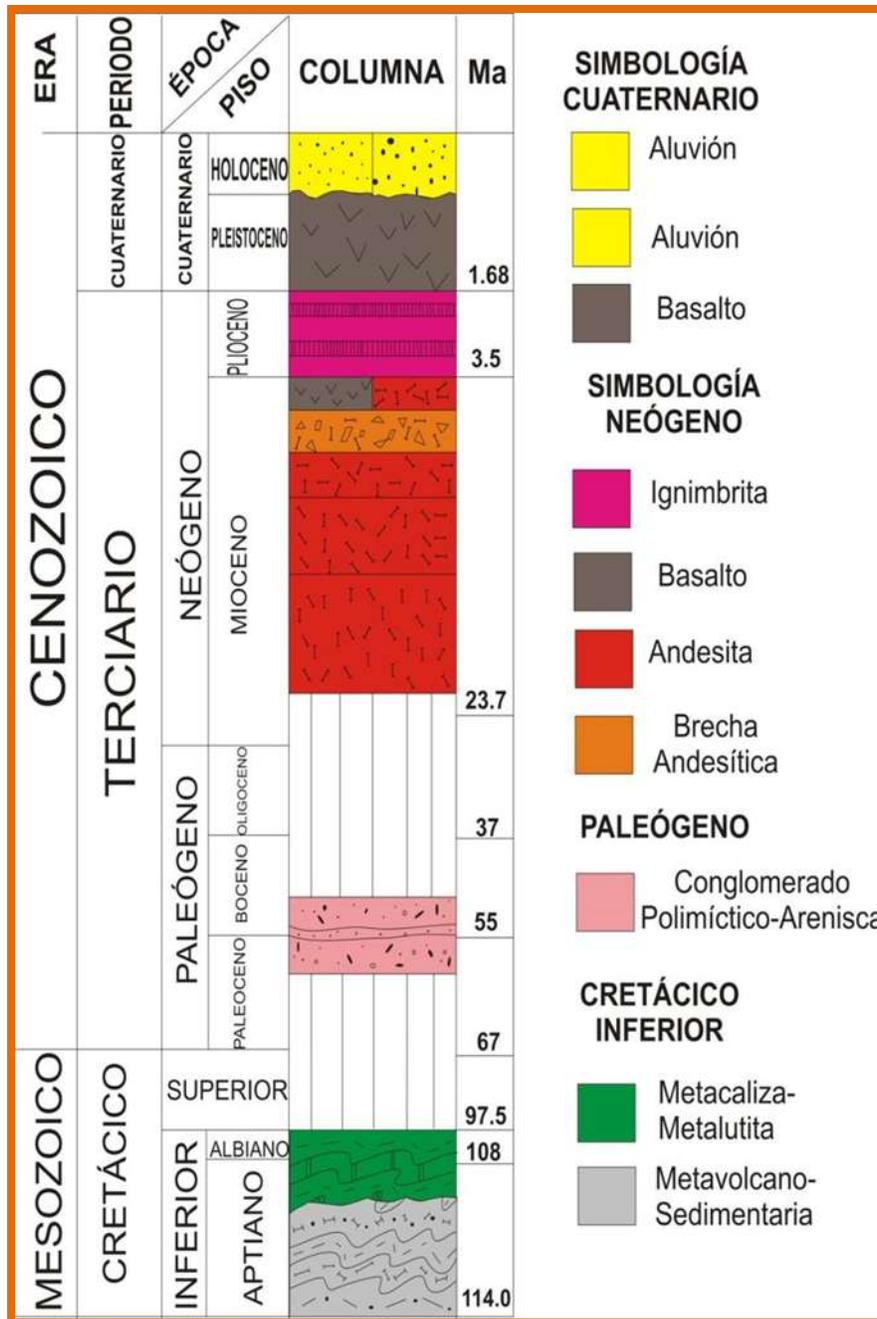


Figura 13 Columna estratigráfica generalizada del municipio de Angangueo.

En Angangueo la unidad más importante son de aparatos volcánicos de tipo andesítico, donde se pueden observar derrames de lavas, brechas y flujos de fragmentos. Se pueden distinguir texturas porfídicas y eventualmente afanítica, donde destacan las hornblendas o piroxenos. Esta unidad ha sido considerada del Mioceno.

Fuente: Garduño et al., 2012

## 2.5 Principales Ecosistemas

Michoacán cuenta con una mega biodiversidad rica en vegetación y fauna. Comenzaremos con describir la fauna inventariada para la zona de estudio, que a pesar del impacto antropogénico se ha mantenido estable para la zona; se registra un desplazamiento de fauna y la invasión de especies propias de la actividad humana (perros, gatos y ratas). De manera natural se encuentran especies con elementos de afinidades neártica y neotropical, así como especies endémicas al eje neovolcánico, tales como mariposa monarca (*Danausplexippus*)(Pr), el venado cola blanca (*Odocoileusvirginianus*), el coyote (*Canislatrans*), la comadreja (*Mustela frenata*), la zorra gris (*Urocyoncinereoargenteus*), conejos (*Sylvilagus* spp.), cuervos (*Corvuscorax*), el zopilote de cabeza roja (*Cathartes aura*), el tecolote (*Bubo virginianus*)(A), diversos colibríes, reptiles y anfibios (INE 1996).

De acuerdo con Rzedowski (1983) y los inventarios florísticos de la región, la flora es rica en general y es evidente el dominio de las especies herbáceas. Algunos géneros como *Quercus*, *Salix*, *Eupatorium*, *Senecio*, *Stevia* y *Muhlenbergia*, presentan aquí un importante centro de diversificación (INE, 1996).

Los principales tipos de vegetación o asociaciones al municipio de Angangueo son los siguientes:

Bosque de pino se encuentra en reducidas porciones en áreas con pendientes de moderadas a fuertes. El estrato arbustivo está compuesto por *Baccharisconferta*, *Eupatoriummairetianum*, *Lamourouxia excerta*, *Seneciocinerarioides*, *Solanum* sp. En los sitios desprovistos de árboles y arbustos son abundantes las herbáceas: *Alchemillaprocumbens*, *Erodiumcicutarium*, *Lepechiniacaulescens*, *Medicagopolimorpha*, *Phaceliaplatycarpa*, *Plantagoaustralis*, *Trifoliummamabile*. Entre las especies epífitas están *Brauniasquamulosa*, *Aspleniumaff tryonii*, *Cystopterisfragilis*, *Peperomiagalioides*, *Sedumtortuosum* (Rzedowski, 1983).

Bosque de encino cubre una superficie importante en Cerro Altamirano y Cerro Pelón, en su extremo oeste. En el estrato arbustivo se observan individuos de *Arctostaphyloslongifolia* y en el estrato herbáceo son comunes *Commelinacoelestis*, *Coriopsispetrophiloides*, *Euphorbiabiformis*, *Hieracium* sp., *Piquieriatrinervia*, *Trisetumaff. deyeuxioides*, *Valeriana urticifolia* (Rzedowski, 1983).

Matorral secundario de *Juniperus* se encuentra sólo en los cerros Campanario y Chincua a altitudes muy variables sobre los llanos y zonas antiguamente perturbadas. Forma matorrales densos de 1 a 3 m de altura que constituyen una aparente comunidad sucesional que conduce al establecimiento de *Abies religiosa*. Presenta un solo estrato arbustivo, compuesto por el mismo *Juniperus* (Rzedowski, 1983).

Bosque de *Cupressus* se ubica en pequeñas áreas exclusivamente en Cerro Pelón con pendientes moderadas, y de 2,500 a 3,000 m s.n.m. en cañadas. Se trata de árboles de 15-35 m de altura, generalmente asociados con pino. Son comunes los bosques mixtos entre los tipos de vegetación antes descritos. Los bosques de oyamel suelen encontrarse en rodales puros, y de manera menos frecuente se asocian con *Pinus*, *Quercus* y *Cupressus* (Rzedowski, 1983).

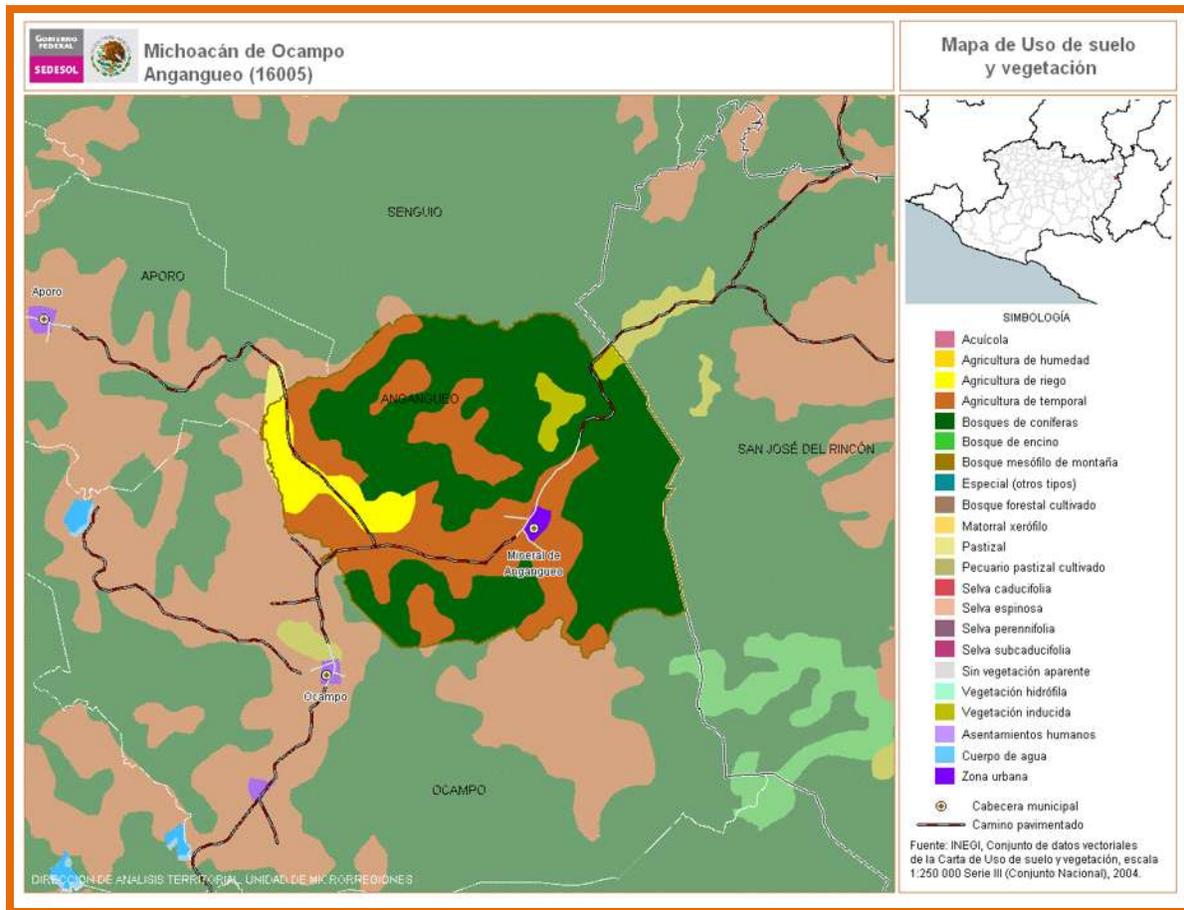
Comunidad *Abies-Pinus* (De los 2,900 a los 3,000 m s.n.m.). La especie dominante es *Abies religiosa* intercalada con *Pinus pseudostrabus*. Son bosques con dos estratos arbóreos característicos en los que el oyamel alcanza una altura de 20-40 m y el pino de 15-25 m. Esta asociación se presenta en cañadas y laderas, en Sierra Chincua y Cerro Chivatí-Huacal. En el sotobosque existen más de 30 familias, 80 géneros y alrededor de 120 especies, siendo las familias mejor representadas *Asteraceae* y *Labiatae* (Melo y López, 1989). Entre las *Asteraceae* domina *Senecio*, con más de 10 especies, y la familia *Labiatae* tiene como principal género representante a *Salvia*, con 12 especies. Ambos grupos de plantas proliferan ampliamente en los estratos herbáceos y arbustivos y revisten especial importancia para la sobrevivencia y refugio de la mariposa monarca (Rzedowski, 1983).

Comunidad *Abies-Cupressus*, se presenta sólo en la Sierra El Campanario. El estrato arbóreo se constituye de *Abies* y *Cupressus*.

Comunidad *Pinus-Abies* es la más importante mezcla que se encuentra rodeando las áreas de *Abies-Pinus* en Cerro Pelón, y de *Abies* en la Sierra El Campanario, donde el pino ocupa el estrato arbóreo y las plántulas de oyamel crecen bajo sus coberturas (Rzedowski, 1983).

Comunidad *Quercus-Pinus* se encuentra en Cerro Altamirano y rodeando una sección *Pinus-Abies* en la zona de Cerro Pelón. El estrato arbóreo se compone de *Pinus pseudostrabus*, al que se le

asocian *P. rudis*, *P. montezumae*, *P. michoacana*, *P. tenuifolia* y *P. leiophylla*, intercalándose también elementos aislados de *Quercus rugosa*, *Q. laurina*, *Arbutusxalapensis*, *A. glandulosa*, *Alnusfirmifolia*, *Salix* spp., *Cupressuslindleyi*, *Buddleiasp.* Incluye dos estratos arbóreos, de los cuales el más bajo es ocupado por el encino. Los niveles inferiores incluyen varias *Asteraceae* y *Poaceae* (Rzedowski, 1983) (Fig.14).



**Figura 14 Vegetación del municipio de Angangueo, Michoacán**

La vegetación predominante es bosque de coníferas, por lo cual es una zona de estudio apta para el análisis de anillos de crecimiento en árboles.

Fuente: INEGI-SEDESOL, 2011

Los especies colectadas para el presente trabajo fueron: *Pinus pseudostrobus*, *P. michoacana* y *Abies religiosa*, mismas que serán descritas en el capítulo de marco conceptual.

## 2.6- Recursos Naturales

Los principales cultivos en orden de importancia son: maíz, trigo, cebada, frijol y haba. Se produce principalmente manzana, durazno, maguey de pulque, pera, perón y capulín. Se cría ganado avícola, bovino, porcino, ovino, caprino, caballar, asnal y mular. Funciona una industria extractiva de minerales de cobre, zinc, plomo, fierro, plata y oro. También se producen alimentos y productos metálicos excepto maquinaria y equipo (Enciclopedia de los municipios de México, 2011).

## 2.7- Turismo

Representa el 40% de su actividad económica. Monumento al minero, templo de la Inmaculada, iglesia de San Simón y el Acueducto. Su principal atractivo es la Reserva de la Mariposa Monarca, Santuario del Rosario y Santuario Cerro Chincua (Enciclopedia de los Municipios de México, 2011). Por lo cual el turismo es una fuente de ingresos importante en la economía local y regional.

## CAPÍTULO III

### 3.- Marco Teórico

Este marco teórico es dividido en secciones para brindar los conceptos básicos y las bases teóricas para el presente trabajo de investigación. Se dividió de la siguiente manera:

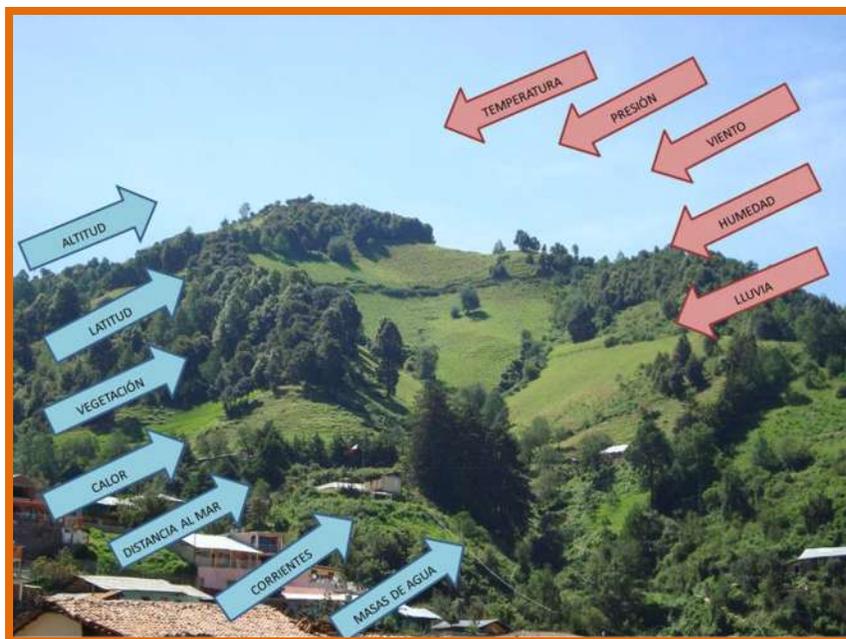
- \* Influencia del clima en el crecimiento de los bosques
- \* Redescrición de las especies arbóreas encontradas y la anatomía de la madera
- \* Principios del análisis de los anillos de crecimiento de los árboles
- \* Incendios

#### 3.1 Influencia del clima en el crecimiento de los bosques

El clima es el resultado de la interacción de diferentes factores atmosféricos, biofísicos y geográficos que pueden cambiar en el tiempo y el espacio. Estos factores pueden ser temperatura, presión atmosférica, viento, humedad y lluvia. Así mismo, algunos factores biofísicos y geográficos pueden determinar el clima en diferentes partes del mundo, como por ejemplo: latitud, altitud, las masas de agua, la distancia al mar, el calor, las corrientes oceánicas, los ríos y la vegetación (INECOL, 2010) (Fig.15).

La vegetación boscosa, que crece en Anganguero, responde a la cantidad de lluvia que cae en la región, atendiendo a los factores limitantes que la rigen. Debido a las grandes variaciones, en la temperatura anual promedio, precipitación y duración de la estación de crecimiento, los tipos de plantas y animales también varían. Pero en el caso de las coníferas se reconoce que su crecimiento corresponde a un año calendario y crecen en periodos definidos (secas-lluvias).

Así pues el crecimiento de los árboles está en función de la cantidad de lluvia recibida en un año.



**Figura 15 Factores determinantes del clima**

*Determinantes del clima: factores atmosféricos en rojo y factores biofísicos y geográficos en azul.*

Fuente: Garduño-Mendoza, Angangueo, Michoacán 2012.

### 3.1.1 Bosque, especies arbóreas y anatomía de la madera

La palabra **Bosque**, es de origen germánico (*busch*), es un lugar poblado de árboles y arbustos. Se trata, en general, de un área que presenta una importante densidad de árboles. Los bosques, sobre todo los más jóvenes, absorben dióxido de carbono, conservan el suelo y regulan los flujos hidrológicos (UNESCO-UNEP-FAO, 2000).

Los bosques, cumplen diferentes funciones que pueden agruparse en protección, reguladoras y productivas a nivel del ecosistema, y adquieren valor económico según el uso que el hombre haga no sólo del recurso forestal, sino de la totalidad de cada ecosistema. De acuerdo con el estudio de UNESCO-UNEP-FAO (2000), las funciones del bosque se clasifican de la siguiente manera:

- a. Funciones de protección:
  - \* Protección del suelo por absorción y desviación de las radiaciones, precipitaciones y vientos.

- \* Conservación de la humedad y del dióxido de carbono al reducir la velocidad del viento.
  - \* Hábitat natural, tanto para otras plantas como para los animales.
- b. Funciones reguladoras
- \* Absorción, almacenamiento y generación de dióxido de carbono, oxígeno y elementos minerales.
  - \* Absorción de aerosoles y sonidos.
  - \* Captación y almacenamiento de agua
  - \* Absorción y transformación de energía radiante y termal.
- c. Funciones productivas
- \* Almacenamiento de la energía en forma utilizable por la fitomasa.
  - \* Autorregulación y proceso regenerador de madera, corcho, fruta.
  - \* Producción de químicos: resinas, alcaloides, aceites, látex, productos farmacéuticos entre otros.

Para el presente estudio se encontraron las especies de *Pinus pseudostrobus*, *P. michoacana*, y *Abies religiosa*, mismas que son descritas a continuación:

### 3.2 Descripción del género *Pinus*

Es un género de especies arbóreas, comúnmente llamada pino, pueden crecer en multitud de tipos de formaciones forestales, como en selvas tropicales, bosque templado, bosque mediterráneo o sabana tropical. Son el componente principal de los bosques boreales de coníferas y constituyen un elemento importante y a menudo dominante de los bosques del hemisferio norte (Rzedowski *et al.* 2001). Desde el punto de vista ecológico, los bosques de pinos son importantes porque afectan al ciclo del agua y al régimen de incendios, cumplen un papel importante en el control del clima local y global. Está formado por unas 94 especies distribuidas en el Hemisferio Norte en regiones de clima templado, llegando a regiones subtropicales y tropicales a través de altas cadenas de montañas (Rzedowski *et al.*, 2001).

El género *Pinus* (Fig. 16) alberga árboles y arbustos perennes, aromáticos, generalmente con un porte cónico o redondeado en su juventud, tornando a una copa ancha y deprimida en su estado

adulto. Su corteza generalmente es agrietada o en forma de placas, de tonalidades pardo grisáceas. Los macroblastos presentan hojas escuamiformes sin clorofila, mientras que los braquiblastos son muy cortos, con una vaina membranosa de escamas y están terminados por dos a cinco hojas lineares o acículas, con dos o más canales resiníferos cada una. Los conos masculinos se desarrollan en la base de los brotes anuales. Los estróbilos presentan escamas persistentes, siendo las tectrices rudimentarias e inclusas y las seminíferas suele presentar una protuberancia u ombligo en su parte externa (apófosis) maduran bienal o trienalmente. Las semillas son aladas con la testa más o menos lignificada. Numerosas especies se cultivan desde muy antiguo por sus piñones o con fines ornamentales o forestales, lo que dificulta el establecimiento de sus áreas originales (Rzedowski *et. al.* 2001).



*Figura 16 Árboles del género Pinus*

Fuente: Garduño-Mendoza, Anganguero, Michoacán 2012.

### 3.3 Anatomía de la madera y su análisis

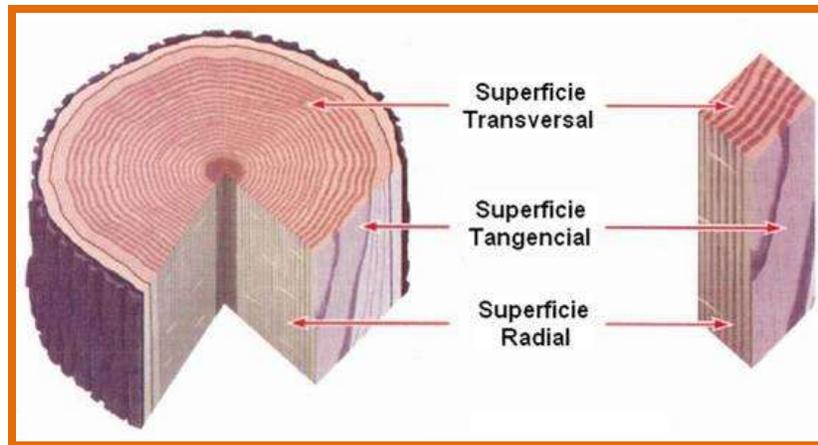
Para el análisis de anillos de crecimiento de los árboles, se tiene que reconocer las estructuras de la madera, para poder describir las características de estos. Comenzaremos describiendo la anatomía general de las coníferas, ya que sin importar la especie por tener forma monopódico, (tronco o fuste recto) mantienen las mismas estructuras y crecimiento.

Se define como madera a la sustancia vegetal más o menos dura, compacta y fibrosa que se extrae del tronco, ramas y raíces de las plantas leñosas. Es una agrupación de células de formas muy variadas de diferentes tamaños y características. Debe cumplir en el árbol tres funciones: la

conducción de la savia (agua y sustancias disueltas), la transformación y almacenamiento de sustancias de reserva y el sostenimiento o resistencia mecánica del vegetal (banrepcultural, 2013).

Para el estudio de las estructuras de la madera se consideran diferentes tipos de cortes en tres planos ortogonales, de la forma siguiente (Fig.18).

- ❖ Transversal o normal al eje longitudinal del árbol.
- ❖ Radial, determinado por el eje del tronco y un diámetro.
- ❖ Tangencial, paralelo al eje del tronco y que pasa por una de las cuerdas de la circunferencia del tronco (banrepcultural, 2013).



*Figura 17 Tipos de cortes de la madera.*

*Para el estudio que nos ocupa, solo se requiere del corte en sección transversal ya sea en rodaja (sección transversal) o en viruta.*

Fuente: Chavesta C. M. 2006.

### 3.4 Estructura de secciones transversales

Para el estudio de los anillos de crecimiento de los árboles, en sección transversal se diferencian las siguientes estructuras morfológicas del tronco de los árboles (Vignote, 2006):

- Corteza externa o corteza: está constituida por células muertas y tiene como función ser una capa protectora contra daños externos.
- Corteza interna o libero: Corteza interna o floema está constituida por elementos conductores especiales
- Cambium: Capa delgada de células vivas generadora del crecimiento en espesor del árbol.
- Estructura leñosa o madera:

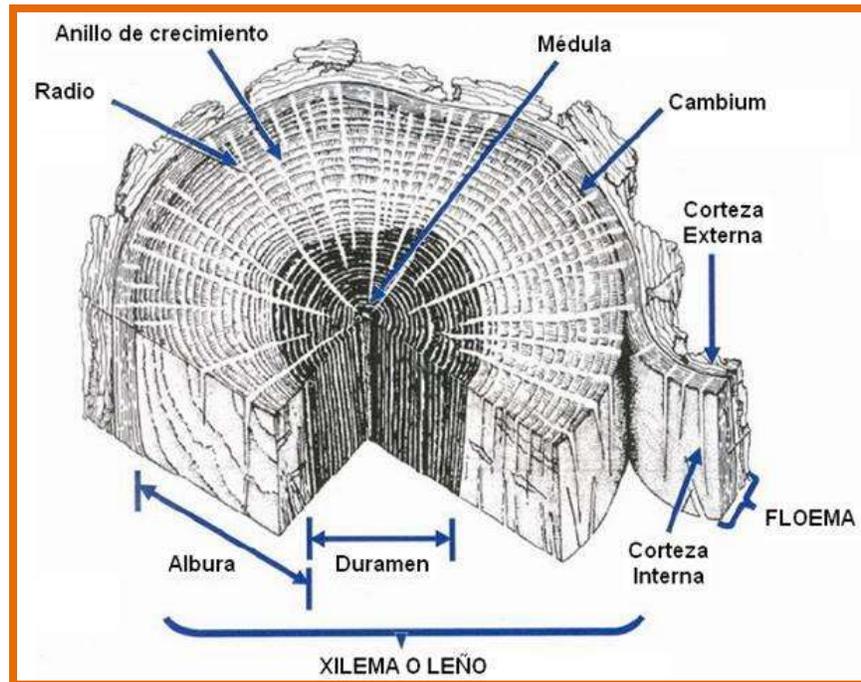
- Medula: Se encuentra ubicada generalmente en la parte central del tronco. Está constituida por células débiles o muertas, a veces de consistencia corchosa. Su diámetro varía entre menos de un milímetro, hasta más de un centímetro, según la especie.
- Radio: Estructuras centrales del árbol, que incluyen la albura. Lo constituyen tejidos delgados cuyas células se desarrollan en dirección radial, o sea, perpendicular a los anillos de crecimiento, cuya función es almacenar y difundir las materias nutritivas que aporta la savia descendente. Contribuyen a que la deformación de la madera sea menor en dirección radial que en la tangencial. Son más blandos que el resto de la masa leñosa, constituyendo zonas propensas a la rotura por comprensión, cuando se ejerce el esfuerzo paralelamente a las fibras.
- Albura: Es la zona de coloración más clara, conformada por células jóvenes. Presenta menor resistencia a los ataques biológicos. La albura es más abundante mientras más joven es el árbol.
- Duramen: También llamado corazón, es la zona que rodea a la médula. Es de color oscuro y está constituido por células muertas lignificadas que le dan mayor resistencia al ataque de hongos e insectos. Su proporción depende de la especie y de la edad del árbol.
- Xilema o leño: Estructura completa de todas las estructuras en sección transversal

#### *3.4.1 Anillo de crecimiento*

Resultan de la sobre posición sucesiva de las capas de tejido leñoso en el tronco del árbol, en razón de la actividad periódica del cambium. La actividad del cambium va acumulando año tras año capas sobrepuestas que van originando la formación de los anillos de crecimiento (Imaña E. y Encinas B. 2008). Los anillos de crecimiento se inician en la medula del árbol y continúan hacia la corteza; consecuentemente la formación de los anillos de crecimiento tiene lugar en el cambium del árbol.

Cuando los anillos se forman, también se forman los radios leñosos, que son los elementos anatómicos (que son los que nos interesan para el presente estudio). El anillo está formado por dos capas de tejido meristemático, la primera es de tonalidad más clara, que se conoce como leño inicial, temprano o de primavera; la segunda que es de tonalidad más oscura se conoce como

leño tardío, secundario o de invierno (Imaña E. y Encinas B. 2008). Estos cambios son en consecuencia el resultado de la actividad del cambio en del árbol en dos periodos: la vegetativa y la relativa al reposo fisiológico al de la especie, que representa el periodo de stress fisiológico que es inadecuado para el crecimiento (Imaña E. y Encinas B. 2008) (Fig.18).



*Figura 18 Anatomía de la sección transversal del tronco.  
Se observan las diferentes estructuras anatómicas de la madera.*

Fuente: Chavesta C. M. 2006.

El crecimiento del árbol durante el verano es más oscuro que durante el invierno. Esto explica por qué muchos árboles tropicales no tienen anillos anuales, ya que en las zonas tropicales no hay estaciones claramente definidas. De esta manera, la edad de un árbol se puede saber contando los anillos formados en el interior de su tronco (Fig. 19).



*Figura 19 Muestra del género Pinus (41 años)*

*Sección transversal, lijada para observar claramente las estructuras de crecimiento (anillos).*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012.

### 3.5 Principios del análisis de los anillos de crecimiento de los árboles

#### 3.5.1 Dendrocronología

Se describe como una ciencia o disciplina que estudia los cambios ambientales del pasado, analizando los anillos de crecimiento anual de los árboles. Etimológicamente *Dendro* se refiere a árbol y *cronos*, referente a la cronología en el tiempo (Douglass A.E.1914).

Se basa en que el crecimiento radial de las especies leñosas es rítmica y de forma anual 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 (ej., competencia) y físicos (ej., temperatura, precipitación), e incorpora esa información en la estructura de sus anillos, convirtiéndolos en "archivos ambientales". Con esta información se pueden construir cronología de ancho de anillos, la cual representa la respuesta en crecimiento de los árboles a una o más variables ambientales (precipitación y temperatura, por ejemplo). 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 (Douglass A.E.1914).

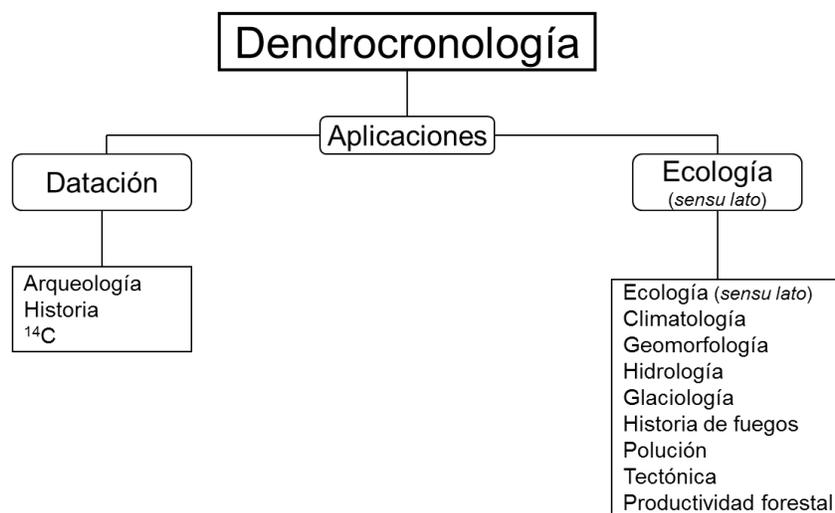
El estudio de anillos de crecimiento de los árboles se ha implementado en variadas áreas científicas (Fig. 20):

Climatología: reconstrucciones con resolución anual de precipitación, temperatura, retrocesos de glaciares y fenómenos oceánico-atmosféricos (ENSO, PDO) para los últimos 1000 años.

Ecología: dinámica de poblaciones y comunidades arbóreas, estructura etarias de bosques, patrones temporales y espaciales de establecimiento de especies, ataques masivos de insectos defoliadores, y fechado de perturbaciones como caídas de árboles e incendios.

Geomorfología: Datación de retroceso de glaciares, deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas y terremotos.

Arqueología: Datación de sitios arqueológicos.



**Figura 20 Aplicaciones de la Dendrocronología**

*La Dendrocronología tiene aplicaciones muy variadas desde dataciones hasta la Ecología, y representa una técnica confiable en sus resultados.*

Fuente: Principios y aplicaciones del análisis de los anillos de crecimiento de árboles, 2009.

La dendrocronología está basada esencialmente en dos principios comprobados empíricamente (Perálvares, n.f.):

1. Los árboles crecen estacionalmente formando un anillo de madera, observable en una sección transversal al tronco, que recubre a los anillos anteriores, y que es fácilmente distinguible de ellos. El patrón de crecimiento de un árbol viene determinado por la serie anual de grosor de los anillos.
2. Los árboles situados en una misma región climática y que han crecido al mismo tiempo muestran una variación sincrónica en la tasa de crecimiento anual; es decir, las series de grosor relativo de anillos siguen un mismo patrón.

También existen otros principios que son consecuencia de los anteriores (Perálvares, n.f.):

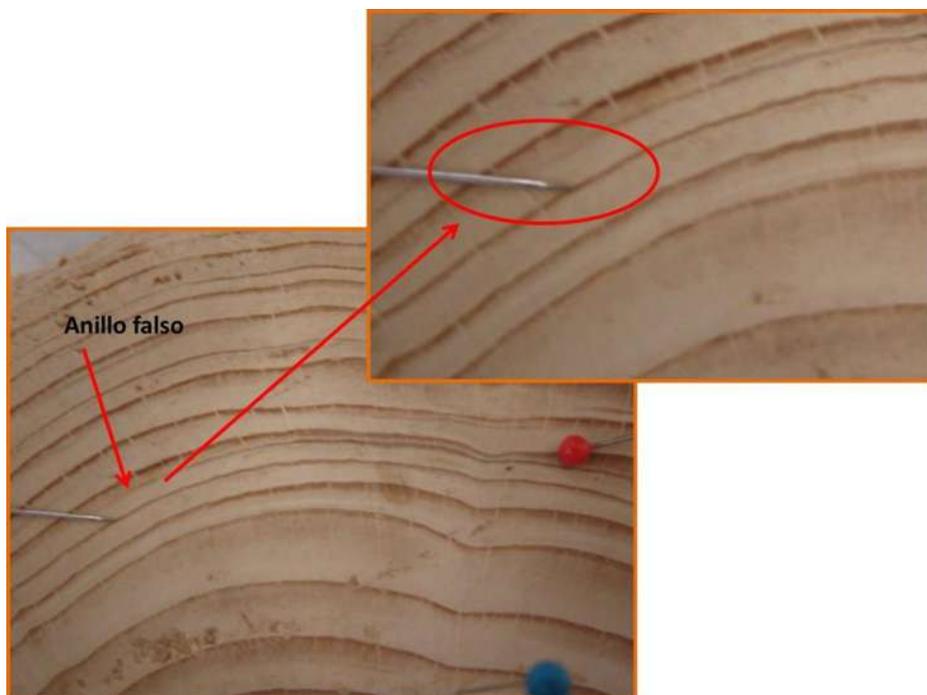
- a. Puesto que la edad de cada anillo puede determinarse, es posible construir el patrón regional de crecimiento en función del tiempo, o serie dendrocronológica maestra.
- b. La serie maestra de una región puede prolongarse hacia atrás en el tiempo utilizando muestras de troncos sucesivamente más antiguos, procedentes de vigas de madera y árboles enterrados. Esto es posible siempre y cuando las nuevas series obtenidas a partir de las muestras sean parcialmente sincrónicas con la serie maestra existente.
- c. El fechamiento de una muestra de un tronco de edad desconocida puede realizarse por correlación de sus anillos con la serie maestra; es decir, sincronizando la serie muestra con la serie patrón. Este procedimiento se denomina sincronización o datación cruzada.

El crecimiento de los árboles también está influido por factores no climáticos. Un bosque tiene su propia dinámica interna o autoecología, definida por las relaciones de competencia entre árboles por la luz, agua y nutrientes. Está, además, la influencia de las perturbaciones externas, como los incendios, el ataque de patógenos o los procesos geomorfológicos (Perálvares, n.f.).

En climas secos, o incluso en climas templados o fríos, se presentan ocasionalmente anomalías en el patrón de crecimiento estacional. Tales anomalías se manifiestan como anillos de crecimiento no anuales; formados en condiciones de estrés ambiental extremo, como sequías o periodos de temperaturas muy bajas (Fritts 1976; Schweingruber 1980). Se distinguen dos tipos de anillos no anuales: los anillos ausentes y los anillos falsos.

### *3.5.2 Anillos falsos*

En el crecimiento de anillos de crecimiento con células de madera tardía, causado por la interrupción del crecimiento dentro del periodo vegetativo, puede ser debido a sequías, defoliación, heladas tardías (Diccionario Forestal, 2005) (Fig. 21).



*Figura 21 Anillo falso en muestra de Pinus*

*Se observa un anillo de crecimiento falso, se observa como el anillo solo se observa en una parte del anillo.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012.

Los falsos anillos de crecimiento en los árboles son muy comunes, generan un grado de ruido (error) entre las muestras analizadas, provocan incertidumbre en los resultados; para el presente estudio, no se presentó dicho problema, ya que el 85% de las muestras analizadas, corresponden a secciones completas de árboles, teniendo el registro completo de todo el individuo muestreado. Para lo cual se hace el conteo de los anillos en tres ejes diferentes, observando toda la anatomía de la muestra, para corroborar que sea el mismo número de estructuras o identificando los anillos dobles, falsos o ausentes.

### *3.5.3 Anillos ausentes*

En cualquier población de árboles de una misma especie existen diferencias genéticas que conducen a diferencias en la tasa de crecimiento entre diferentes individuos, aunque las condiciones ambientales sean similares. Sin embargo, los factores externos ejercen una influencia mucho mayor en el crecimiento (Creber y Chaloner 1984). Así, la fuerte influencia climática en el crecimiento se manifiesta en la formación de anillos más estrechos en los años secos. En casos

extremos, si a lo largo del año la sequía ha sido muy pronunciada, o si perdura desde los años anteriores, puede no llegar a formarse ningún anillo. El término anillo ausente se aplica a estos casos extremos. Más concretamente se refiere a la inexistencia de crecimiento durante todo un año en un árbol, o incluso sólo en algunos radios de una sección transversal de un tronco. No implica necesariamente la ausencia de crecimiento en varios o en todos los árboles de una zona (Fritts *et al.*, 1965; Norton *et al.*, 1987). Los anillos ausentes son poco habituales en climas húmedos, pero son frecuentes en climas secos (Perálvares, n.f.).

#### 3.5.4 Conteo de anillos

Para el conteo de los anillos o estructuras de crecimiento, se comienza de afuera (corteza) hacia dentro (centro del árbol) (Fig. 22). Si son anillos muy angostos, este proceso se realiza debajo de la lupa de mesa para observar claramente los anillos. Se hace el conteo en al menos tres ejes diferentes para corroborar el número de anillos sea el mismo y se omitan algunos anillos o se cuenten de más. Este proceso se realiza únicamente cuando se tiene el dato exacto del último año de crecimiento del árbol, de no ser así, se utiliza un método llamado cofechado, fechamiento cruzado o en inglés SkeletonPlot.



**Figura 22 Conteo manual de anillos en muestras de Pinus**

*Se comienza a contar de la corteza hacia el centro, para identificar el año de nacimiento del árbol.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012.

### 3.5.5 SkeletonPlot

Los Skeletons no son más que la búsqueda de señales de crecimiento entre los anillos de los árboles vivos y árboles muertos; mediante la correlación de similitudes de patrones de crecimientos, es decir se buscan señales climáticas como son de sequías que corresponde a anillos muy angostos y lluvias abundantes que corresponden a anillos muy anchos. Se utiliza papel milimétrico para marcar estos eventos y posteriormente se analizan estas señales para obtener el año de nacimiento y de corte para corroborar el patrón de comportamiento de la serie (Constante *et al.*, 2009).

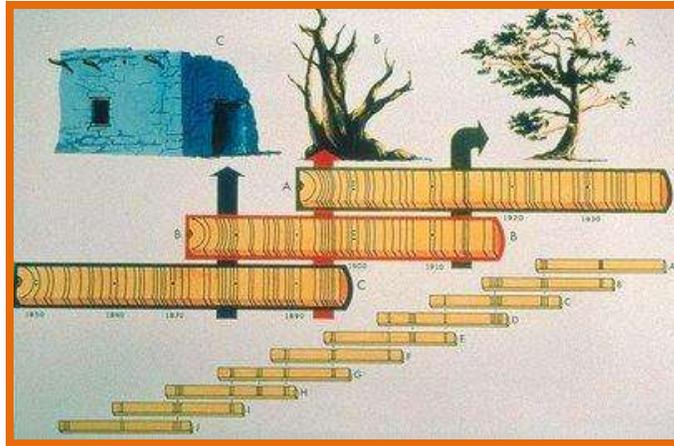
Cuando se tiene la tira del papel milimétrico, se va trazando una línea perpendicular marcando la intensidad de la sequía. Este proceso se hace para cada una de las muestras y se etiqueta la tira de papel con la misma clave de identificación de la muestra. Una vez que se tienen todas las tiras de papel se procede a “jugar” con las tiras (Fig. 24), identificando patrones de crecimiento de los árboles y su comportamiento y así identificando estas similitudes para poder dar un año a cada anillo (Constante *et al.*, 2009) (Fig. 25).



**Figura 23 Elaboración de Skeletons para cada muestra**

*Para cada muestra se pueden realizar de dos a tres Skeletons para realizar la comparación entre muestras.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012



**Figura 24** *Crosdating para cronologías de diferentes muestras*

Imagen que muestra cómo se correlacionan las muestras de diferentes árboles, utilizando, madera de construcciones, árboles muertos y árboles vivos o en pie, para la construcción de una cronología climática más completa (mayor cantidad de años).

Fuente: [climatechange.voices.wooster.edu/](http://climatechange.voices.wooster.edu/)

### 3.5.6 Dendropirocronología

Es una ciencia auxiliar de la Dendrocronología, que utiliza la datación de los anillos de crecimiento de los árboles para estudiar el pasado y presente de los regímenes de incendios forestales (Grissino y Mayer, 2005). Con este tipo de dataciones de ocurrencia de fuegos, permite el análisis de frecuencia, intensidad y extensión espacial de incendio (Medina A., 2008).

Las cicatrices de fuego se forman en los árboles cuando el fuego alcanza una temperatura letal para el cambium vascular (mayor a 60°C), consumiendo en algunos casos la corteza, el cambium y porciones del xilema adyacente. Estas cicatrices son identificadas generalmente por la presencia de carbón y por bandas o rebordes de madera que cubren parcialmente o totalmente el área muerta (Mc. Bride 1983). Las cicatrices pueden no presentar carbón en la herida cuando son originadas por fuego de baja intensidad (Guyette y Cutter 1997, Smith y Sutherland 1999, 2000). Brown y Swetnam (1994) describen anillos y estructuras asociadas al fuego observadas en el leño de *Sequoia sempervirens* (Lamb.) Endl, como liberación del crecimiento, doble leño tardío, separación de anillos, presencia de conductos resiníferos y anillos de fuego o microanillos (Mediana A. 2008). Para realizar una reconstrucción precisa de la historia del fuego en los

bosques, se requiere de la determinación correcta del fuego como la causa de las cicatrices de fuego y de anillos o estructuras asociadas al mismo (Mediana A. 2008).

### 3.5.7 Incendios

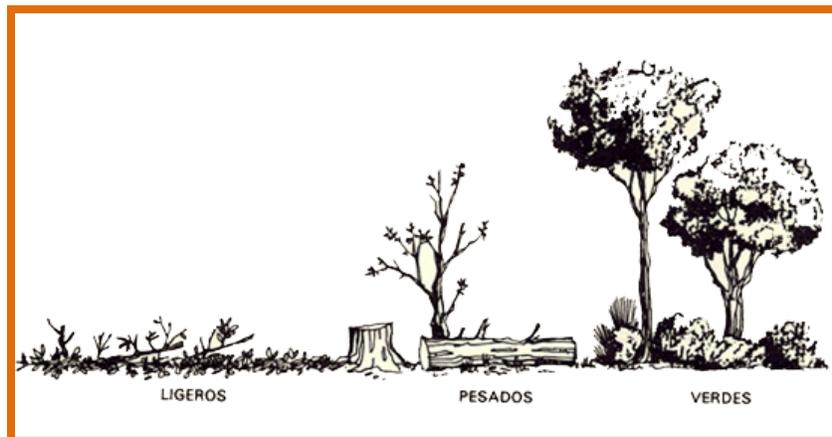
Se define por incendio la combustión no deseada de uno o varios materiales. Así pues el incendio forestal es la propagación libre de fuego sobre la vegetación, ya sea por causas naturales o antrópicas. El fuego es la liberación de energía en forma de luz y calor producto de la combustión (quema) (Cerano *et al.*, 2009). Los bosques están constituidos por gran número de materiales combustibles (figura 25), hierbas, plantas no leñosas, matorral, arbustos y árboles, de acuerdo a su composición, los combustibles vegetales se clasifican en (proteccioncivil.org):

Combustibles ligeros: Son los que tienen menos de 1 cm de diámetro: hierbas, hojas, pinocha, helechos, líquenes, ramillas, etc. Se inflaman con facilidad y se consumen rápidamente cuando están secos.

Combustibles pesados: Son los que tienen más de 1 cm de diámetro: troncos, tocones, ramas gruesas, raíces, etc. Se inflaman más difícilmente que los ligeros y arden más despacio.

Combustibles verdes: Son las plantas vivas con su follaje: árboles, arbustos, matas, hierbas (Fig. 25).

Las coníferas (pinos, abetos, etc.), por contener en su interior resinas.



*Figura 25 Materiales combustibles de los bosques*

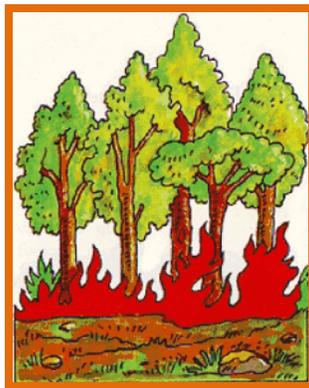
Fuente: [www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm](http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm)

### 3.5.7.1 Clases de fuegos forestales

Se diferencian las siguientes clases de fuegos forestales:

#### 3.5.7.1.1 Fuego de superficie

Se extienden quemando el tapiz herbáceo y el matorral. Este tipo de vegetación, se expande rápidamente ante la falta de humedad y arder con facilidad, resulta muy propicio a la iniciación y propagación de las llamas (Fig.26).



*Figura 26 Fuego de superficie*

Fuente: [www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm](http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm), 2013

#### 3.5.7.1.2 Fuego de copas

Avanzan consumiendo las copas de los árboles. Como la fuerza del viento es mayor a nivel de copas que a nivel de matorral, el fuego de copas avanza más rápidamente que el de superficie (Fig. 27).

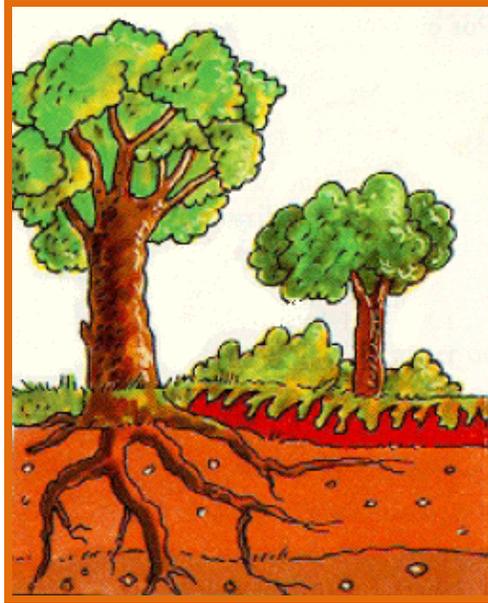


*Figura 27 Fuego de copas*

Fuente: [www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.ht](http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.ht), 2013.

### 3.5.7.1.3 Fuego de subsuelo

Son los que se propagan bajo la superficie, alimentados por materia orgánica seca, raíces o turba; su desplazamiento es lento, yendo detrás de los de superficie (Fig. 28).

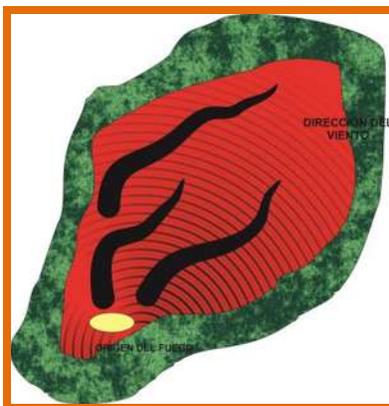


*Figura 28 Fuego de subsuelo*

Fuente: [www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm](http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm), 2013

### 3.5.7.1.4 Influencias de la topografía del terreno

La morfología del terreno ejerce influencia en la propagación de los incendios, los bosques generalmente presentan relieve irregular, con pendientes pronunciadas. El viento ejerce una presión sobre la dirección y propagación del fuego (Fig. 29) (proteccioncivil.org)



*Figura 29 El contorno de un incendio varía con la dirección del viento*

Fuente: [www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm](http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm), 2013

Cuando una ladera está siendo afectada por el fuego, el aire caliente que se desprende al elevarse, va desecando el matorral y los árboles próximos que se encuentran en niveles más altos, adelantando así su ignición; como el sentido de las llamas es igualmente ascendente, en ese momento se propaga rápidamente sobre las laderas más pronunciadas. Las laderas con mayor exposición al sol son más secas porque reciben mayor cantidad de radiaciones solares (Tabla 2).

VARIABLES TOPOGRÁFICAS	INFLUENCIA
VARIABLES TOPOGRÁFICAS	Mayor riesgo de incendio o capacidad de propagación de las llamas
A menor altitud	Por mayor temperatura, menor precipitación, menor humedad ambiental y mayor cantidad de combustible
A mayor exposición solar	Por desecación de la vegetación y mayor temperatura
A mayor relieve accidentado	Mayor velocidad del viento, turbulencias, inversión térmica y vientos erráticos y dificultad de tránsito de los medios de extinción
A mayor pendiente	Mayor velocidad de propagación, continuidad vertical y horizontal de combustibles, eficacia de la transmisión de calor por convección y radiación, emisión de pavesas y desprendimiento de pavesas ladera abajo, dificultad de tránsito de los medios de extinción

**Tabla 2 Variables topográficas e influencia en los incendios forestales**

Fuente: [www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm](http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm), 2013

## CAPÍTULO IV

### 4.- Materiales y metodología

#### 4.1 Materiales

Existe una metodología tradicional para el muestreo de virutas y secciones transversales, (Villanueva *et al.*, 2009), en la cual se basó; debido a las características propias de los bosques mexicanos. Sin embargo se realizaron algunas modificaciones en el análisis de las muestras, mismas que serán descritas en este apartado.

Antes de describir la metodología, se debe mencionar la importancia de un muestreo de calidad y bien estructurado, para evitar la pérdida de recursos económicos y tiempo, en la toma de las muestras. El número de los árboles a muestrear, estuvo en función a la disposición de ejemplares en las zonas de estudio. Debido a los eventos de deslizamientos ocurridos en el 2010, los pobladores de las comunidades del Catingón y Colonia Guadalupe, se encuentran preocupadas por la situación de tala inmoderada de árboles (a la que atribuyen que hayan ocurrido los PGRM) que se da en la zona, por lo cual solo se obtuvo el permiso para obtener muestras de árboles previamente talados, derribados o de los tocones talados en años anteriores y de 19 árboles vivos.

Los materiales que se utilizaron se describen a continuación:

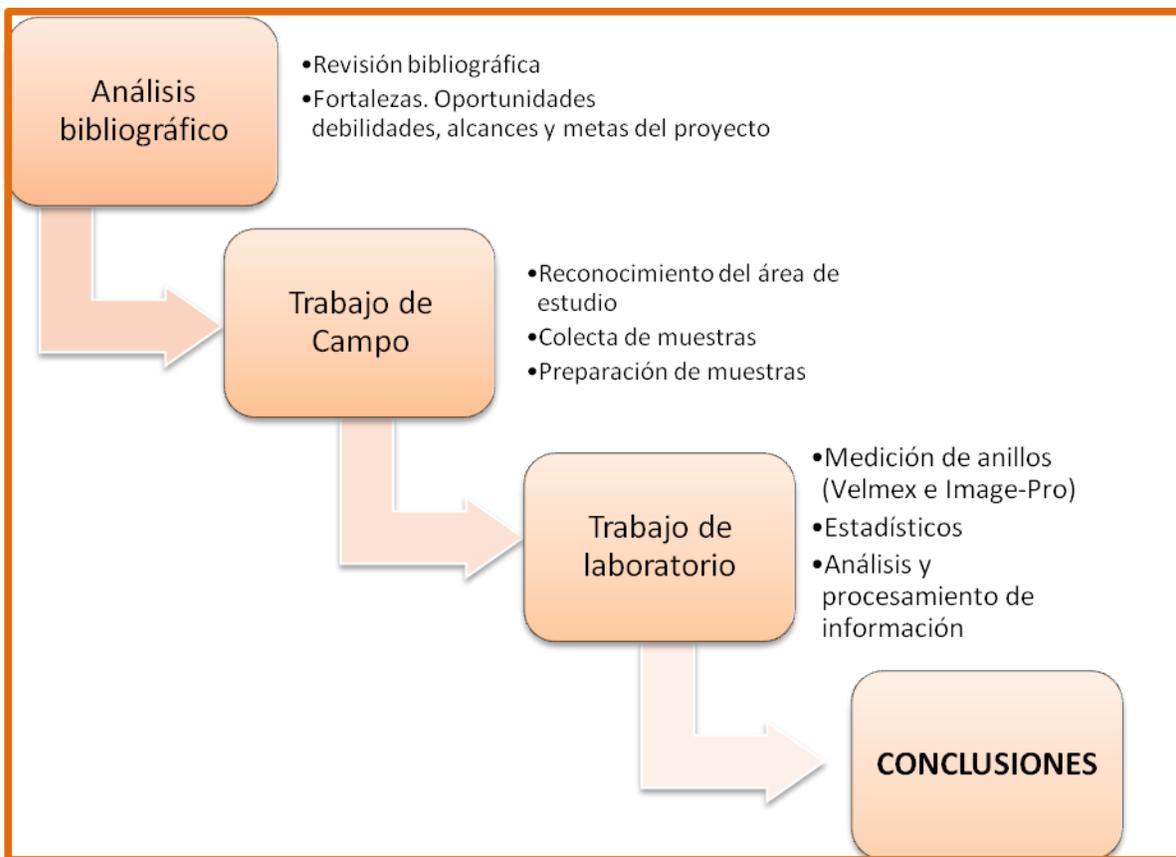
EQUIPO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN DE SU UTILIZACIÓN
Motosierra de gasolina de 16", motor de 38 cc. Mango antivibración	1	Para la toma de muestras en rodaja
Lijadora de 3" X 21"720 W. 6 Amps. Velocidad 6 V.	1	Lijado de las muestras
Lijadora de acabados 3 5/8"Potencia 190W/1.7a Tamaño de respaldo 3-5/8" x 7-1/4".	1	Pulido final de las muestras
Lijas para madera en bandas de diferentes granos y hojas de en lija	18 paquetes (60, 80,100, 1000, 1500)	En el proceso de lijado de las muestras, se requiere de diferentes tamaños para darle el mejor acabado a las muestras y así poder observar claramente los anillos de crecimiento
Taladro de Pressler 600 mm/24". 5.15mm/0.200" de diam.	2	Toma de las muestras en viruta
Lámpara de mesa con lupa	1	Observación y conteo de muestras de un tamaño pequeño
Cámara Sony A57 kit 16.1 mp Full HD	1	Para la toma de fotografías de alta resolución que se utilizaron en el análisis de imágenes para conteo
Equipo de Protección (Cubre bocas, ojos y oídos)	2	Se utilizó durante el procesamiento de muestras principalmente de rodajas
Equipo VELMEX con platina de medición	1	Medición de anillos en las muestras
Microscopio estereoscópico	1	Observación más clara de las muestras
Material diverso (Cauter, desarmador, serrucho, arco, porta lija, popotes, porta planos, pegamento blanco, cinta para pegar, aceite WD-40, papel milimétrico, cinta métrica, altímetro etc)	---	Material de apoyo para las diferentes etapas de procesamiento de muestras

*Tabla 3 Material para la toma de muestras, procesamiento y análisis de rodajas y virutas de árboles*

Fuente: Elaboración propia, 2012

## 4.2 Metodología

Como ya se describió la zona de estudio se localiza cercana al centro de población de Angangueo, en las comunidades de Catingón y Guadalupe, el total de muestras colectadas fue de 157 árboles, de los cuales 19 fueron árboles vivos, 138 de árboles previamente talados, derribados o tocones de años anteriores. De estos 138 árboles se desecharon 29 muestras ya que en laboratorio se observó que no eran muestras con buena calidad para su análisis (podridas del centro, con hongo o severamente alteradas). Continuación se hace un resumen generalizado de la metodología que se siguió para este trabajo de investigación (Fig. 30):



*Figura 30 Resumen de metodología*

Fuente: Elaboración propia, 2012

#### 4.2.1 Análisis bibliográfico

Se realizó una búsqueda bibliográfica acerca de las investigaciones realizadas a nivel internacional, nacional regional y local en materia de análisis de anillos de crecimiento de los árboles, desde Dendrocronología, Dendrogeomorfología, Dendroecología, Dendropirocronología, para conocer diferentes técnicas y análisis de los anillos de los árboles.

Se solicitó la información de las estaciones climáticas de la región oriente del estado de Michoacán a la CONAGUA, para obtener la información de lluvias y temperaturas registradas en años anteriores. Teniendo un serio problema de datos incompletos; por consecuencia se decidió analizar la información obtenida teniendo precaución de los resultados obtenidos. A cada una de las estaciones meteorológicas (11 en total), se realizó la sumatoria total de la cantidad de lluvia registrada por año, ya que el crecimiento de los árboles registra un crecimiento también anual (lluvia registrada en un año = crecimiento anual de un anillo de árbol).

Lo anterior con el objeto de tener un comparativo del registro de las estaciones climáticas y el registro real del crecimiento de los anillos de los árboles. Una vez obtenida la sumatoria de lluvia por cada año se realizó una gráfica por estación climática para observar el registro de lluvias y sequías en una gráfica como comparativo e identificar los patrones de comportamiento registrados en estas estaciones climáticas para observar las similitudes con el crecimiento real de los anillos de los árboles.

#### 4.2.2 Trabajo de Campo

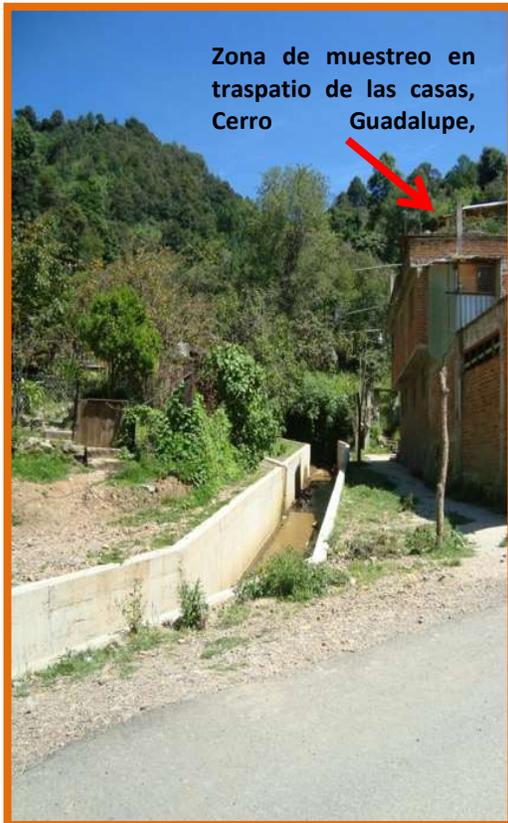
Como se mencionó en apartados anteriores, solo se contó con el permiso de la comunidad para tomar muestras de árboles previamente talados, derribados o de los tocones talados en años anteriores por lo cual se restringió a estas condiciones y se obtuvo el permiso para perforar 19 árboles vivos con taladro Pressler.

Ya que se tenía el área de estudio delimitada y se contaba con un reconocimiento previo en campo de las condiciones reales de la distribución de la vegetación se procedió a la toma de muestras, bajo los siguientes criterios de selección:

- \* Coníferas ya que el crecimiento de los árboles del género *Pinus*, son monopódicos, por lo cual se seleccionaran sitios de preferencia con una inclinación de 15° a 20° o mayor, sin discriminar aquellos individuos ubicados en zonas planas. Que se pueda observar que han sufrido alguna señal de alteración en su crecimiento.
- \* Se tomaron todas las muestras posibles sin importar algunas otras señales de afectación como son incendios, plagas o heridas de cualquier tipo y posteriormente en laboratorio serán separadas para realizar diferentes análisis en las muestras.
- \* Buenas condiciones del tronco (no podrido, quebrado, incompleto o poca definición en sus anillos de crecimiento).
- \* Tocones en pie
- \* Cercanos al margen río no más lejanos a 25 metros de los bordes. Debido a las condiciones del terreno se muestreo en los dos lados de la ladera.
- \* Debido a las características propias de la zona de estudio (laderas pronunciadas y suelos relativamente pobres) las señales climáticas se expresan claramente, ya que el crecimiento de los árboles está en función únicamente del agua de lluvia almacenada en el perfil de suelo y no presenta aportaciones de escurrimiento de agua de otras zonas.
- \* Por las condiciones del terreno (Vegetación propia de asentamientos humanos como son las herbáceas, pastizales, casas, escuelas, aserraderos capillas religiosas etc.) se tomó las muestras en zonas disponibles
- \* Zonas de laderas, donde se maximizan las señales climáticas y de eventos atípicos (deslizamientos, sequias, lluvias, plagas etc.).

Se realizaron los muestreos a en los meses de enero-junio del año 2012 y posteriormente en enero del 2013, fueron en total dos días de reconocimiento inicial en campo y 19 días para la toma de muestras. El acceso a la zona de estudio es completamente por carretera pavimentada, pero el acceso a la zona de muestreo estaba regida por los pobladores, ya que muchas de las muestras fueron tomadas en el traspatio de las casas ubicadas en las laderas de la zona, por lo cual se requirió el permiso de los pobladores (Fig. 31).

Ya que se seleccionaba el ejemplar a muestrear se procedía a la toma de datos mediante un formato (Anexo1), como son especie (si se tenía la certeza o solo se registra como género), coordenadas, altura, diámetro, orientación, tipo de muestra y las observaciones generales de la muestra (Villanueva *et al.*, 2009).



*Figura 31 Muestreo en la zona de traspatio de las casas de la Colonia Guadalupe*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2011

#### 4.2.3.1 Colecta de muestras con cicatrices de incendios

Las cicatrices en árboles afectados por un incendio, son claramente visibles, desde la presencia de la madera carbonizada o cicatrices con apariencia de “cara de gato” (Villanueva *et al.*, 2009) o pequeños surcos en forma de gajos. Para su descripción se tomaron secciones transversales, parciales o completas de árboles muertos, tocones o vivos. Siguiendo la misma técnica, utilizando la motosierra cilindrada de 16": seguida del marcaje de identificación de la muestra, secado, pulido y conteo de anillos, identificando los años de ocurrencia del incendio (Villanueva *et al.*, 2009) (Fig. 32).



**Figura 32 Muestra con cicatrices de incendio**

*Las cicatrices de incendio en los árboles, se caracterizan por consumir del centro hacia afuera del formando las heridas en el centro de la sección transversal.*

#### 4.2.3.2 Toma de núcleos o virutas

Mediante el taladro Pressler se tomaron las muestras de los árboles vivos (19 árboles por 3 muestras cada uno). A la altura del pecho se realizó la toma de la muestra (figura 36), perforando el árbol en ángulo reto y manteniendo el taladro firme para evitar el barrido de la broca y tomar una buena muestra, sin dañar la broca del taladro. Posteriormente la muestra se almacena en popotes de plástico rígidos para evitar que durante la deshidratación de la muestra esta se tuerza o maltrate y se tenga la certeza de cuál es el centro del árbol (primer año). Se etiqueta la muestra dando un número y clave de identificación para mantener un control de todas las muestras (Villanueva *et al.*, 2009) (Fig. 33 y 34).



*Figura 33 Taladro Pressler y toma de muestra*

*(1) Taladro Pressler; (2-3) Toma de muestra de un árbol en pie*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2011



*Figura 34 Montaje de virutas en popotes de plástico para su transporte y conservación*

*Toma de viruta de un árbol, para su procesamiento en laboratorio*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012

#### 4.2.3.3 Toma de muestras en secciones transversales

Para este muestreo se contó con el permiso y supervisión de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM, 2011-2012), por tratarse de la utilización de motosierra, misma que fue supervisada por los ejidatarios de las comunidades.

Una vez localizado el ejemplar a muestrear ya fuera árbol derribado o tocón, se procedía a tomar los datos del anexo 1 para la identificación de la muestra. Mediante una motosierra cilindrada, se procedió a tomar secciones transversales (rodaja) y dependiendo del tamaño de la muestra, se cortaba en secciones del tamaño requerido (Villanueva *et al.*, 2009) (Fig. 35 y 36).



*Figura 35 Toma de muestras en rodaja de tocones de árboles. Posteriormente se realizó el esqueleto para cosechar correctamente el primero y último año de crecimiento.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2011

**Figura 36 Toma de muestra en sección transversal.**  
Estas muestras fueron tomadas de árboles previamente derribados (tala clandestina)  
Fuente: Garduño-Mendoza, 2011



Cuando se toman muestras de tocones y árboles derribados no se cuenta con la fecha exacta del primero y último año de crecimiento de los árboles (Fig. 37), para lo cual en laboratorio se procedió a realizar los *Skeletons Plots*, para cofechar (obtener el fechado exacto de nacimiento y corte del árbol) a partir de las muestras de árboles vivos, mediante la datación cruzada (Constante *et al.*, 2009).

Una vez teniendo las muestras en laboratorio, se dejaban secar completamente, evitando el sol directo, para que las muestras no se deshidraten rápidamente y se quiebren o deformen; debido a que las muestras fueron de diferentes tamaños, se mantiene el cuidado de no dejarlas amontonadas para evitar los hongos y la pudrición de la madera.



*Figura 37 Toma de muestra en sección transversal*

*Se utiliza una motosierra cilindrada para realizar el corte de la muestra*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2011

#### *4.2.3 Trabajo de laboratorio*

Ya secas las muestras se procede al lijado de las mismas. Proceso que se realizó en dos sitios, en el aserradero de la Facultad de Tecnología de la Madera de la UMSNH y en el Herbario de la UNAM Campus Morelia. Para el lijado de las muestras se dividió en dos partes:

1. Mondado y lijado de núcleos
2. Lijado de secciones transversales (rodajas)

##### *4.2.3.1 Virutas: Preparación, montaje y lijado*

Una vez en laboratorio se procede al montaje de los núcleos para su lijado, utilizando molduras de madera se hace el pegado los núcleos de la siguiente manera:

1. Antes de sacar la muestra del popote, se vacía la información de la muestra en la moldura de madera, como son la clave de identificación, sitio, especie etc.
2. Se pone suficiente pegamento blanco en la moldura de madera para poder abarcar toda la muestra
3. Se saca la muestra del popote y con cuidado se pone en la moldura de madera, teniendo el cuidado de no perder el lado de la corteza y el centro del árbol.

4. Se mantiene presionada la muestra durante algunos segundos para evitar que se mueva la muestra
5. Con cinta maskin tape se asegura la muestra, para mantenerla firme mientras se seca el pegamento blanco (Fig. 38).

Una vez seca la muestra se le retira las cintas que se pusieron para mantener firme y se procede al lijado. Teniendo la muestra ya seca y firme se comienza a realizar el lijado manual de las mismas, utilizando lijas para madera en diferentes granos, se comienza de grano más grueso a grano más fino. Se sostiene la muestra firme con una mano y con la otra se lija manualmente teniendo el cuidado de no desprender la muestra. Se observa continuamente la muestra para ir viendo la calidad del lijado y la facilidad de observación de los anillos de los árboles (Villanueva *et al.*, 2009). Una vez lijada se limpia perfectamente con un trapo ligeramente húmedo para eliminar el aserrín y se pueda observar claramente los anillos de crecimiento. Y así tenemos listos nuestros núcleos para el conteo de los anillos que se hace de manera manual previo a la medición de los anillos (Constante *et al.*, 2009).



**Figura 38 Molduras para montar las virutas.**

*(1) Molduras de madera para muestras en viruta. (2) Montaje de muestra, utilizando pegamento blanco. (3) La muestra se mantiene presionada por algunos segundos para que no se mueva y quede pegada correctamente y no se desprenda cuando se realice el lijado de la misma.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2011

#### 4.2.3.2 Lijado de secciones transversales

Para el lijado de las rodajas se utilizó una lijadora de banda manual, ya que por el tamaño y número de muestras, se optó por este método de lijado. Siguiendo la técnica de los núcleos, se comienza utilizando lijas de grano grueso (60 y 80) a grano fino (100,150 hasta 1200) (Villanueva *et al.*, 2009). Observando la muestra para detenerse en el lijado ideal, que es cuando se observan claramente las estructuras de crecimiento a simple vista (figura 25). El lijado de muestras es sumamente importante para el éxito de la observación de anillos de crecimiento, ya que un lijado deficiente afectaría en la observación de las estructuras de crecimiento como pueden ser los anillos falsos o dobles anillos (Villanueva *et al.*, 2009) (Fig. 39 y 40).



**Figura 39** Lijado de secciones transversales con lijadora de bandas y acabado a mano

*El equipo de protección es fundamental para el cuidado de quien lleve a cabo el proceso de lijado, principalmente para los ojos*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012



**Figura 40** Equipo utilizado para el lijado de las secciones transversales

*Contar con una lijadora industrial, favorece el procesamiento de las muestras para su rápido lijado.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012

Una vez que se tienen todas las secciones transversales lijadas y etiquetadas correctamente (Fig. 42) se comienza con el cofechado de las muestras basado en los núcleos que se tomaron de árboles vivos, es decir la elaboración de los *skeletonplot* (Constante *et al.*, 2009).



*Figura 41 Muestra en proceso de lijado*

*Se observa la diferencia entre un lijado deficiente del lado izquierdo y del lado derecho se observan claramente las estructuras de crecimiento de la sección transversal.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

#### 4.2.3.3 SkeletonPlot

Se utiliza papel milimétrico para marcar estos eventos y posteriormente se analizan estas señales para obtener el año de nacimiento y de corte para corroborar el patrón de comportamiento de la serie (Constante *et al.*, 2009). Cuando se tiene la tira del papel milimétrico, se va trazando una línea perpendicular marcando la intensidad de la sequía. Este proceso se hace para cada una de las muestras y se etiqueta la tira de papel con la misma clave de identificación de la muestra. Una vez que se tienen todas las tiras de papel se procede a “jugar” con las tiras (Fig. 42), identificando patrones de crecimiento de los árboles y su comportamiento y así identificando estas similitudes para poder dar un año a cada anillo (Constante *et al.*, 2009).



**Figura 42 Elaboración de Skeletos para cada muestra**

*Los Skeletos ofrecen una técnica rápida y segura de identificación de años claves o específicos en las muestras. Por ejemplo buscar anillos muy anchos (años lluviosos) o anillos muy angostos (año de sequías).*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012

#### 4.2.3.4 Conteo manual de estructuras de crecimiento

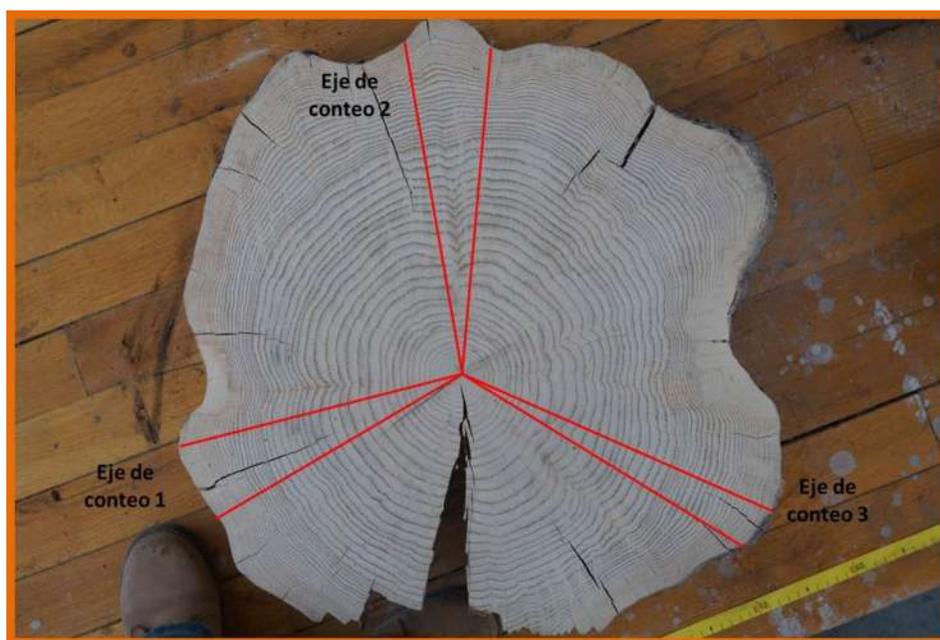
Una vez con las muestras completamente secas (núcleos y secciones transversales), se comienza con el conteo manual de los anillo para determinar la edad real de las muestras, proceso que se hace anillo por anillo y muestra por muestra (Constante *et al.*, 2009). Ya que el programa donde serán medidos los anillos requiere del primer año de vida del árbol. Dependiendo de la muestra se cuentan los anillos bajo la lupa o a simple vista, se realiza en tres ejes de la muestra (Fig. 45) para corroborar que el número de anillos sea correcto (Fig. 43).



**Figura 43** *Conteo bajo la lupa de estructuras de crecimiento en muestras en sección transversal*

*El primer paso es el conteo manual de todos y cada uno de los anillos para identificar anillos falsos o ausentes.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013



**Figura 44** *Ejes de conteo de estructuras de crecimiento*

*Se realiza las mediciones de la sección transversal en tres ejes para obtener la mayor cantidad de datos.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2011

Se marcan de 10 en 10 para tener un mejor control del número de anillos y por tanto de las décadas. Una vez teniendo la certeza del total de anillos se determina la edad de la muestra (primero y último año) (Constante *et al.*, 2009). Y se anota el reverso de la muestra y en la base de datos, para su mayor control. Una vez que se tienen cofechadas todas las muestras se procede a la medición de cada uno de los anillos.

#### 4.2.3.5 Análisis de muestras

Mediante la utilización de un equipo Velmex, se analizara el tamaño de los anillos de crecimiento. Se medirán cada una de las muestras y se archivarán los resultados para posteriormente correlacionar y analizar los datos.

Se medirá:

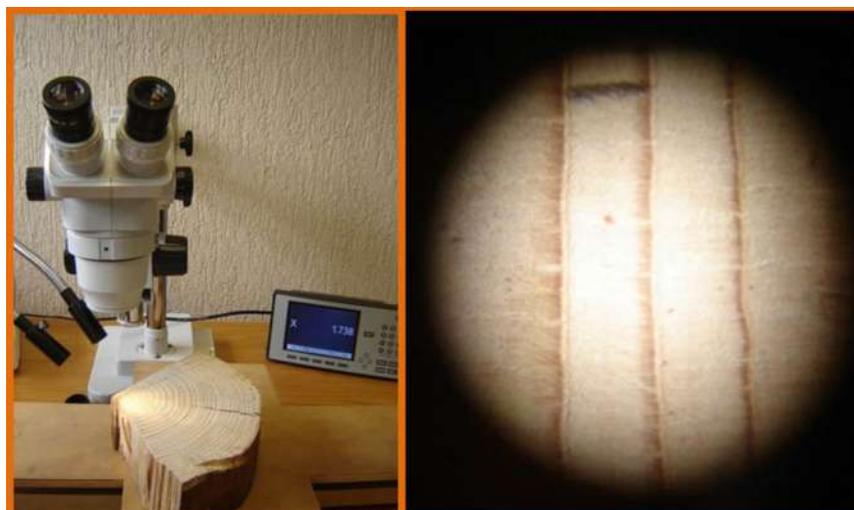
- ✓ Ancho del anillo
- ✓ Deformación del anillo
- ✓ Señales de alteración (para determinar incendios y deslizamientos)

Por lo cual son variables cuantitativas continuas descriptivas en el caso de las señales de alteración.



*Figura 45 Equipo de medición de anillos de crecimiento, Velmex con platina*  
*Laboratorio de Ecología del manejo de recursos naturales, CIECO-UNAM-MORELIA*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013



**Figura 46 Medición de anillos en muestras de secciones transversales**

*Microscopio de 100X, con platina y pantalla de medición. Imagen en acercamiento en 100X de las estructuras de crecimiento.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

#### 4.2.4 Estadísticos y programas de ejecución

Una vez obtenidas todas las mediciones de los anillos de crecimiento y ya habiendo observado las deformaciones de los anillos se procede al procesamiento de datos en los diferentes programas estadísticos que serán descritos a continuación:

##### 4.2.4.1 COFECHA

El programa COFECHA, que es un software de control del calidad del fechado y es uno de los más importantes para el desarrollo de las series dendrocronológicas. Es un programa que a través de los archivos de medición de cada serie de crecimiento, compara estadísticamente el fechado de cada una de las muestras al correlacionar segmentos de 50 años con traslapes de 25 (Constante *et al.*, 2010). El archivo de salida de este programa contiene secciones de estadística descriptiva que se analizan por separado y se intercorrelación entre sí.

La intercorrelación entre series es la medida de la influencia de la señal climática común en todas las muestras de los árboles del sitio y representa la confiabilidad de la cronología. Los valores para

presentar una cronología confiable son de 0.55-0.75. Para nuestro caso es de 0.601. Con este programa podemos identificar la sincronía entre los anillos de crecimiento de nuestras muestras (Constante *et al.*, 2010).

#### 4.2.4.2. Arstan

Arstan fue desarrollado por el Dr. Edward R. Cook en 1985, es un programa de libre acceso fundamental en la obtención de cronologías climáticas. La función principal de éste, es producir cronologías de series de anillos, a través del proceso conocido como *detrending*, metodología que implica la eliminación de tendencias en las series de crecimiento, mediante la fijación de modelos matemáticos como una curva exponencial negativa, curva flexible, línea recta con tendencia positiva y negativa (Villanueva *et al.*, 2010). Es decir maximiza las señales comunes. Este programa recibe los datos de COFECHA, una vez corregidos y corroborados con las mismas muestras. Arstan es un programa estadístico que utiliza los intervalos de tiempo para caracterizar el conjunto de datos (Guide for computer program ARSTAN, 1986).

Se generan tres versiones de la cronología: Estándar, residual y Arstan, en las cuales se ha maximizado la señal común y minimizado el ruido (Villanueva *et al.*, 2010).

#### 4.2.4.3 MeasureJ2X

MeasureJ2X es un software de medición de anillos de árboles, que se ha desarrollado bajo ProjectJ2X. Fue lanzado inicialmente el 16 de julio de 1999 (Voortech.com, 2007). El programa funciona tanto en PC como en Mac. El programa continúa al mismo ritmo que los dos nuevos sistemas operativos (es decir, Windows Vista y Mac OS X) y nuevos sistemas de medición (es decir MetronicsQuadra-Chek 10). Mejoras internas también se han hecho, la modularización del código y permitir conectar el soporte para módulos de prácticamente cualquier marca de sistema de medición que se comunica a través de un puerto serie RS-232 o USB (voortech.com, 2007). Se utilizó apoyado de un sistema de medición, en este caso fue una platina Velmex con manija para la medición de cada anillo.

La última actualización del programa fue en el año 2007, por los mismos creadores. Añadiendo soporte para la medición de la madera temprana / madera tardía series, el apoyo al campo id extendida, soporte para leer los archivos que contienen metadatos, la integración de los archivos de ayuda, la adición de un modo de copia de seguridad automática y hacer que varios menores mejoras. Este comunicado se traslada definitivamente a Java 2 permitiendo que el programa se ejecute de forma nativa en Mac OS X (Voortech.com, 2007).

El programa permite la captura de las mediciones a partir de una variedad de medición de fase / codificador / unidades de lectura digital y tiene características para la creación de la nueva serie de mediciones o edición de las series existentes. Las funciones de edición incluyen la posibilidad de añadir, insertar o eliminar mediciones de una serie y cambiar una serie delante o hacia atrás en el tiempo. El programa lee y escribe archivos de serie en el formato "decenal", permitiendo su salida a utilizar con programas de análisis disponibles en la Biblioteca de programas dendrocronología (LDP) (Voortech.com, 2007).

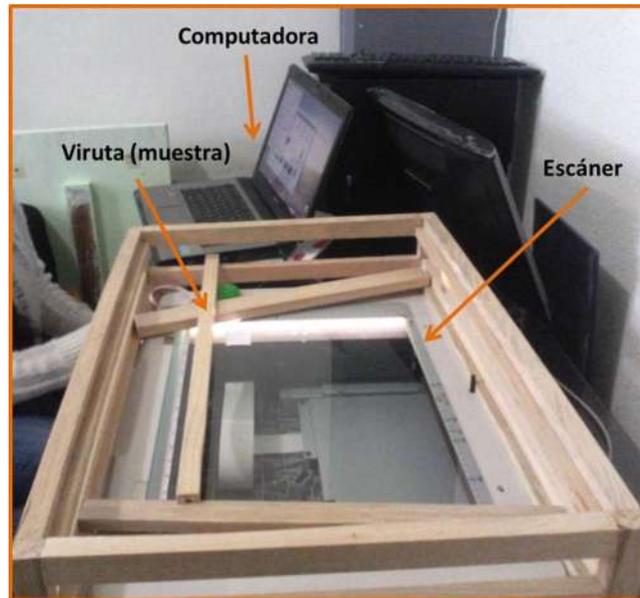
#### 4.2.4.4 Win-Dendro

Win-Dendro es un programa especializado diseñado específicamente para Dendrocronología, que busca de una manera precisa y eficiente procesar los datos de los anillos de los árboles, como medir la anchura de cada anillos de crecimiento anual y otros parámetros relacionados (mínimo, máximo y la densidad media y ancho de madera temprana (regentinstruments.com). Presenta todas las herramientas para el análisis de imágenes, tomadas por escáneres ópticos.

Este programa es sumamente costoso, por lo cual pocas instituciones de investigación cuentan con este equipo; una de ellas es la Universidad de Montreal, Canadá. Este equipo se encuentra específicamente en el Departamento de Geografía (Dépt. de géographie et GEOTOP), bajo resguardo del Dr. Étienne Boucher. Mediante un convenio de cooperación se enviaron 30 imágenes para realizar el análisis completo de estas. Y posteriormente realizar un comparativo con el programa Image-Pro.

El primer paso es seleccionar las muestras, bajo el criterio de mejor visibilidad en las estructuras de crecimiento. Se escanearon las mediante un escáner convencional, (Fig. 47) tanto virutas como

secciones transversales (Fig. 48). Estas imágenes fueron preparadas y enviadas a la Universidad de Montreal para su análisis mediante el programa WinDendro.



**Figura 47 Equipo para el escaneo de muestras**

Un escáner es un equipo periférico de captura de imágenes, utilizado para escanear muestras físicas, es decir, convertirlas en una imagen digital.

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013



**Figura 48 Escaneo de secciones transversales**

Para muestras de dimensiones mayores (+80cm), se recomienda escanear la muestra en secciones, para su mejor observación.

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

Una vez obtenidas las imágenes escaneadas e identificadas, se enviaron al Departamento de Geografía (Dépt. de géographie et GEOTOP) en Canadá. Las muestras fueron procesadas por el Dr. Étienne Boucher, utilizando el programa Win-Dendro. Al final del análisis de estas imágenes fueron regresadas a la UMSNH, para el análisis de los datos obtenidos.

#### 4.2.4.5 Image-Pro

Ya se describió el programa Win-Dendro y su principal debilidad es el elevado costo del programa, por lo cual se buscó una opción para realizar el análisis de las imágenes a un costo más bajo y con las cualidades similares al anterior programa. Se utilizó la versión Imagen-Pro Plus 6.0 que es un paquete de software de análisis de imagen científica de gran alcance (Ficha técnica, 2012).

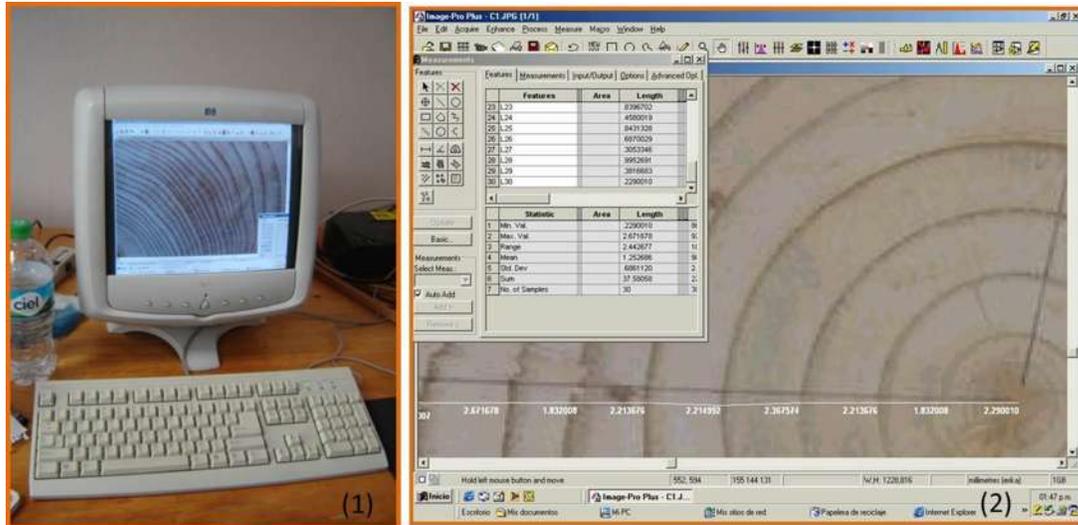
Las cualidades del programa son:

1. Tomar fotografías directamente desde una cámara de vídeo o una cámara digital
2. Mejorar y procesar la imagen según sea necesario para la medición
3. Calibrar el software para la escala o ampliación de la imagen
4. Medir o contar las estructuras de interés,
5. Exportar las mediciones para las hojas de cálculo, gráficos o software de estadísticas

Los requerimientos de instalación del programa Image-Pro son básicos, por lo cual no requiere de instalaciones específicas, pero se recomienda utilizar un sistema operativo Windows ® XP Pro (SP3), ordenador 750 MHz o mejor, 1 GB de RAM y 20 GB de almacenamiento o también se puede utilizar Windows ® Vista Business y Ultimate (32 y 64 bits) (SP1), 2.1 GHz, 2 GB de RAM y 40 GB (Ficha técnica, 2012).

Puede leer archivos en formato TIFF, IPW, JPEG, JPEG 2000, EXIF JPEG, Flat (binario), GEL, TGA, BMP, PhotoCD, HDF, QED, FITS, AVI, archivos RAW y SEQ. Tiene un apoyo a 24 -, 36 - y 48-bit de color, 8 -, 12 -y 16-bit en escala de grises, así como imágenes de punto flotante de 32 bits (Ficha técnica, 2012).

El programa permite realizar otras funciones que aquí no serán descritas, solo se describe como herramienta de medición de imágenes, para medir el ancho de cada anillo de las 30 imágenes o muestras en sección transversal.



**Figura 49 Programa Image-Pro**

(1) Se requiere una computadora, para la utilización del programa Image-Pro. (2) Se observa la pantalla de trabajo del programa con la tabla de mediciones.

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

Para el análisis de imágenes se requirió una cámara fotográfica de alta resolución HD, de 18 megapíxeles y lente óptico marca Sony. Las fotografías se tomaron a la misma altura con una cinta métrica de referencia para poder tener una escala de calibración en la medición (figura 50). La iluminación es sumamente importante para que todas las imágenes mantengan la misma cantidad de luz. Esta opción de imágenes es favorable para cuando se cuenta con rodajas de árboles de un diámetro mayor a 60cm y no se desean cortar o que las muestras se prefieran mantener completas para exhibición. Es sabido que existen microscopios de brazo largo y platina que soportan hasta 50kg que se utilizan en la medición de las muestras, pero muchas veces no se cuenta con este equipo como es el caso de la Universidad Michoacana, por lo cual se debe de hechar mano de los equipos disponibles.



*Figura 50 Preparación de secciones transversales, para la toma de imágenes de alta resolución*

*Se marca la muestra en sus cuatro ejes para mantener un control de la imagen y una cinta métrica para darle una escala física a la muestra. Posteriormente en el programa, será de utilidad para la medición de cada anillo.*

*Fuente: Garduño-Mendoza, 2012*

En la pantalla de trabajo del programa se observa que tipo de deformación presentan las imágenes teniendo la libertad de hacer acercamientos al máximo de lo requerido sin que se distorsione la imagen; se pueden observar claramente las anomalías de las muestras como son los anillos completos, falsos anillo, incendios y plagas.

No se requiere de introducir datos adicionales una vez calibrada la escala de medición que puede ser en centímetros, milímetros o pulgadas. Para mantener el mismo sistema de medición se optó por milímetros.

En este programa solo son relevantes las mediciones pero no la estadística que presenta ya que es una estadística por cada muestra y no permite correlacionar todos los datos obtenidos. Al terminar de realizar la medición de cada muestra, los datos son exportados a Excel junto con la estadística descriptiva de la muestra.

Una vez abierto el programa se da un nombre al archivo y se procede dar la escala de medición. El programa es muy sencillo de manejar y lleva un secuencia lógica en los comando. Ya calibrada la escala se procede a la medición de cada anillo comenzando desde el centro hacia afuera, realizándolo en 3 ejes diferentes y mantener estandarizadas las mediciones. Basta con un solo

click entre anillo y anillo para realizar la medición y esta se guarde en la tabla de control de mediciones. Al final se exporta a Excel y se guarda en archivos independientes.

Una vez que se tienen las mediciones de todas las muestras comienza el acomodo de los datos en un archivo \*.txt para acomodarlos de forma manual en la misma manera que se requieren para utilizarlos en COFECHA. A partir de este procedimiento se continúa con la metodología tradicional de Villanueva del 2009.

## 5.- Metodología para identificar Incendios

Esta metodología comienza desde el reconocimiento en campo, observando los posibles registros de estos. En el área de estudio se observa una severa alteración del bosque, por estar muy cercano al centro de población. Para este estudio no reportaremos la causa del incendio, solo el año de ocurrencia de éste.

Una vez identificados los árboles con cicatrices, ya sea tocones o árboles muertos, se toma una sección transversal con la motosierra cilindrada (Cerano *et al.*, 2009). Solo se tomaron muestras de ejemplares del género *Pinus*, por lo general las cicatrices de los incendios se generan en la parte basal de los tallos de los árboles, por lo cual se procura tomar las muestras de esta parte del árbol. Las muestras se tomaron tanto en tocones, árboles derribados, muertos y vivos (Arno y Sneck, 1977).

La metodología tradicional propuesta por Cerano *et al.*, en el 2009, nos indica buscar ejemplares donde los especímenes cumplan con las características deseables de la muestra, como son cicatrices recurrentes de incendios, mismas que para el sitio de estudio no se cumplen; sin embargo se tomaron todas las muestras posibles sin importar que solo presentaran una solo cicatriz.

Después del lijado de las muestras en sección transversal se observó cada una de las muestras buscando cicatrices de incendios, mismas que son muy claras de identificar. Una vez identificadas estas muestras se procede al conteo de los anillos para identificar el anillo donde se localiza la

cicatriz (Cerano *et al.*, 2009) y de acuerdo a los datos colectados en campo se realizan las anotaciones correspondientes.

#### 6.- Datación por Radiocarbono

Debido a la alta degradación de los árboles que presentan cicatrices de incendios, se optó por realizar fechamientos por radiocarbono en tres sitios diferentes que presentaban árboles con cicatrices de incendios (madera carbonizada). Esto debido a que los árboles presentan solo la corteza y ya se encuentran derribados y próximos a ser eliminados de la zona. Se realizaron con el objeto de tener un panorama completo de los eventos extraordinarios que se han presentado en la zona de estudio.

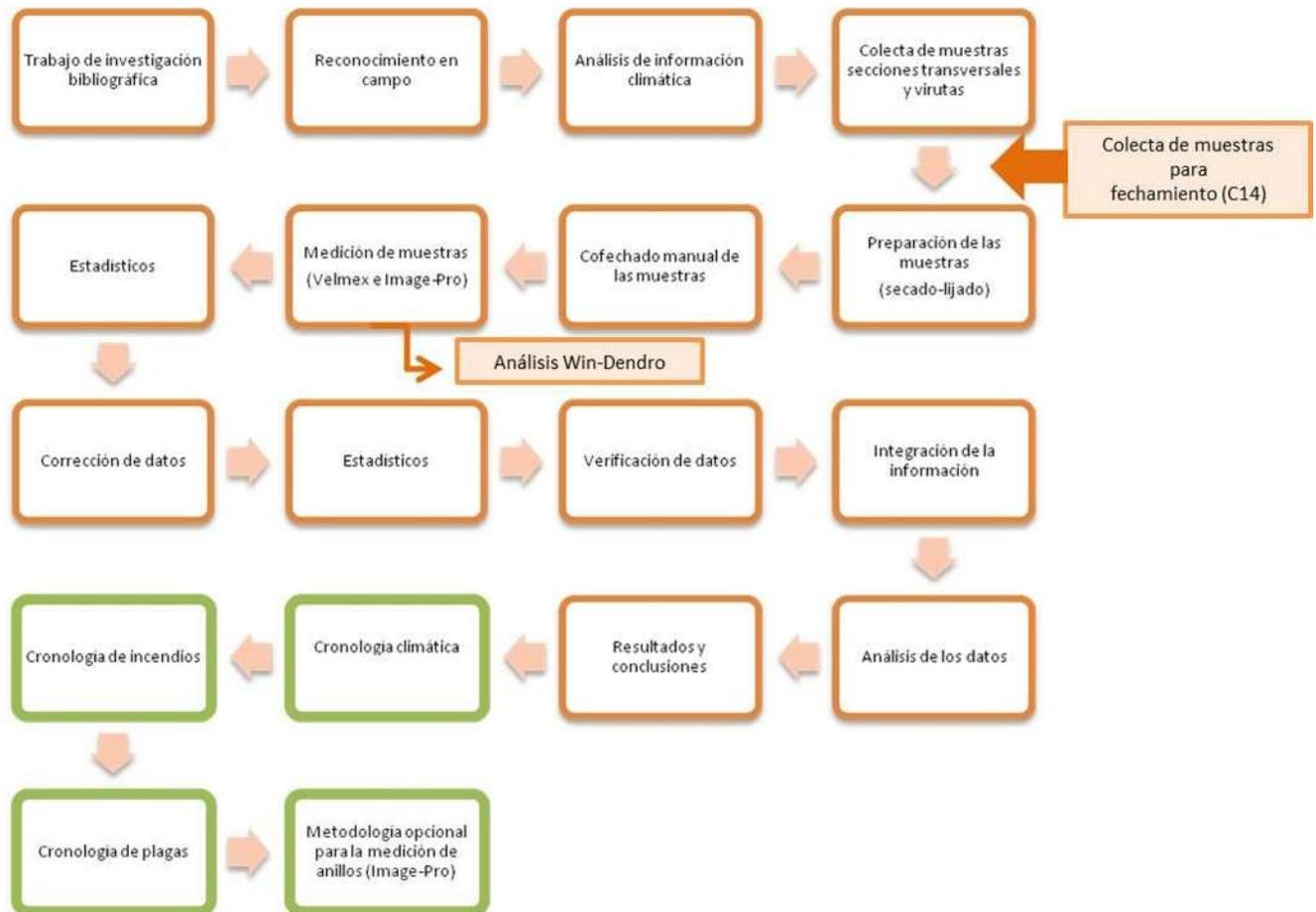
La datación por radiocarbono o carbono 14, es un isótopo del elemento carbono que es inestable y débilmente radioactivo. Los isótopos estables son carbono 12 y carbono 13. El carbono 14 está siendo continuamente formado en la atmosfera superior por el efecto de neutrones de rayos cósmicos sobre átomos de nitrógeno 14. Se oxida rápidamente en el aire para formar dióxido de carbono y entra en el ciclo global del carbono (Beta Analytic, 2013).

Plantas y animales asimilan el carbono 14 a partir de dióxido de carbono durante toda su vida. Cuando mueren, dejan de intercambiar carbono con la biósfera y su contenido de carbono 14 empieza entonces a disminuir a una tasa determinada por la ley de desintegración radioactiva (Beta Analytic, 2013). La datación por radiocarbono es esencialmente un método diseñado para medir la radioactividad residual. Al conocer la cantidad de carbono 14 quedó en una muestra, la edad del organismo cuando murió puede ser conocida (Beta Analytic, 2013).

Las muestras fueron tomadas de acuerdo a la metodología para la muestras de radiocarbono, que básicamente consiste en la toma de muestra y envié a los laboratorios correspondientes para su procesamiento (Beta Analytic, 2013).

Cuando se toman las muestras, estas no deben ser manipuladas con las manos desprotegidas porque la oleosidad de la piel contaminará la muestra. De preferencia se utiliza guantes plásticos

limpios y se depositan en bolsas de plástico con la clave de identificación correspondiente (nombre, lugar, fecha y coordenadas) (Beta Analytic, 2013).



*Figura 51 Síntesis de la Metodología*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012

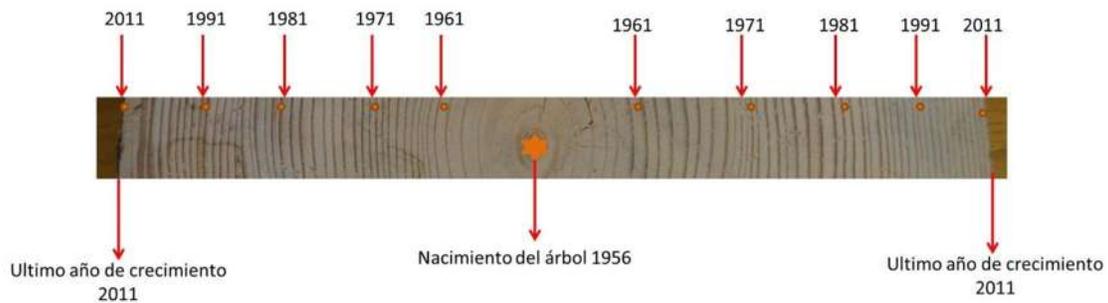
## CAPÍTULO V

### 5.- Resultados

El objetivo de este trabajo de investigación es identificar los eventos que han afectado a la población de Angangueo, tanto geológicos y ambientales; para ello se utilizaron las técnicas de análisis de anillos de crecimiento de los árboles y sus deformaciones, fechamientos por radiocarbono y la geología presente en la zona de estudio. En este trabajo se presenta una opción para identificar estos eventos, como son las técnicas de análisis de anillos o estructuras de crecimiento de los árboles, para ellos comenzaremos describiendo las características de las muestras, que fueron colectadas en la zona de estudio.

#### 5.1 Resultados de las muestras analizadas

Una vez seguida la metodología por Villanueva *et al.*, 2009 se realizó al procesamiento de las muestras. Comenzando por el conteo de los anillos de cada una de las muestras (Fig. 52).



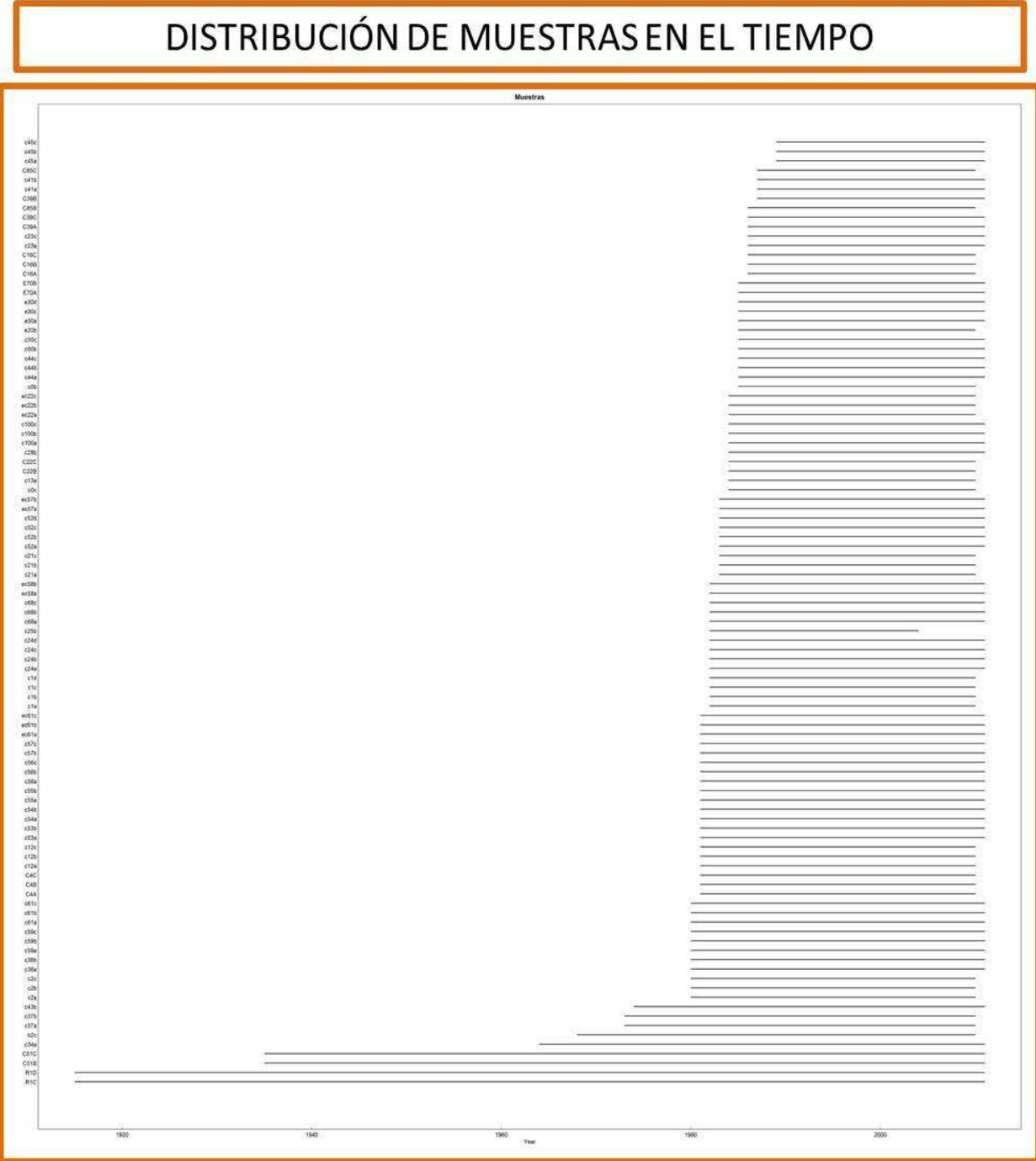
**Figura 1** Conteo de anillos de crecimiento

*Se comienza a contar de la corteza hacia el centro del árbol, para identificar el año de nacimiento del ejemplar. Y se marca cada 10 años para mantener un control de los anillos.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

Se tomaron en total 157 muestras de árboles, de los cuales solo 19 fueron árboles vivos, de estos se tomaron tres núcleos por árbol para hacer un total de 57 virutas. De las cuales 22 se desecharon por diferentes causas, como fueron muestras podridas, con hongo o de difícil conteo de anillos. De árboles previamente talados, derribados por tala clandestina y tocones se colectaron 138. De los cuales se desecharon 29 muestras, al ser analizadas en laboratorio por causas

diversas como son pudrición de madera, presencia de hongos y anillos no definidos o claramente visibles. Por lo cual al final se obtuvieron 109 en sección transversal y 35 virutas. En cuanto a las edades de las muestras, estas presentan edades desde los 114 años hasta los 24 años de edad, (debido a que solo se encontró un solo árbol de 114 años este elimino de la cronología climática), es un periodo comprendido de 1897 a 1987; a continuación se presenta la distribución de edades:

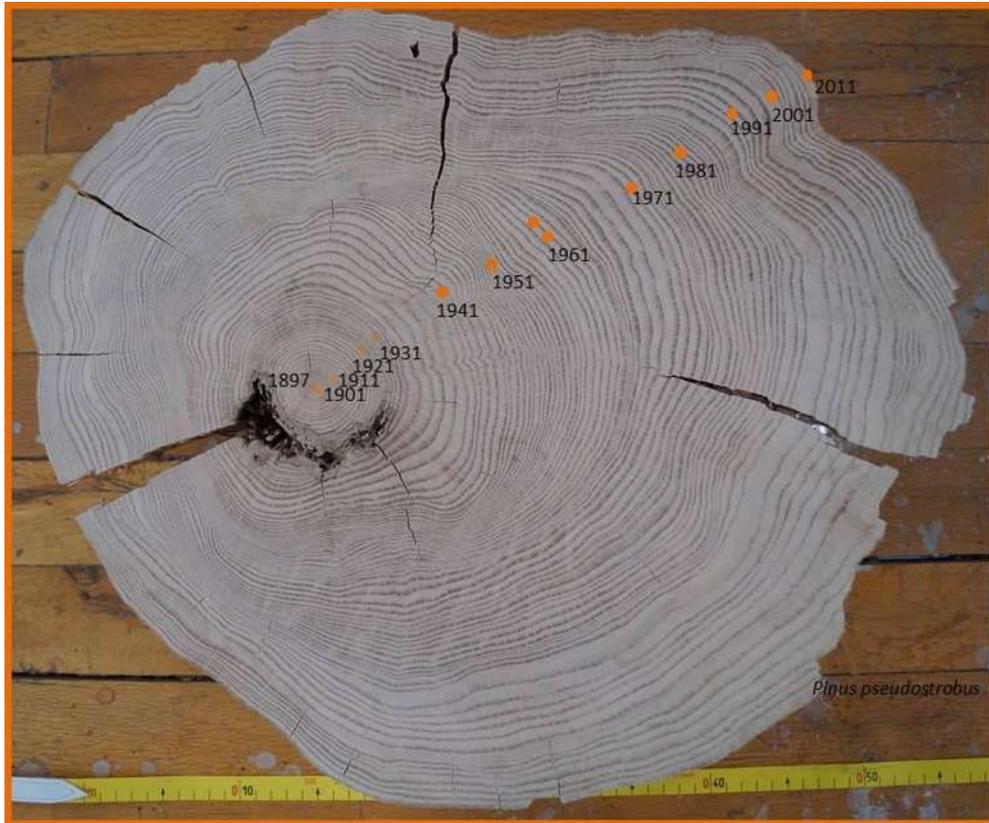


*Figura 52 Distribución de las muestras en el tiempo*

*Se observa el acomodo de muestras por edades. Del lado izquierdo la clave de identificación de las muestras y en la parte inferior el año de crecimiento. Cada muestra presenta su línea de tiempo, es decir el primer y último año de crecimiento. El acomodo de las muestras está en función de las edades de las muestras; de la más antigua hasta la más joven.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

El primer año de registro que se obtuvo fue de un árbol nacido en 1897 (Fig. 54), si esta edad era incluida en la cronología climática, se provocaba que la desviación estándar aumentara, ya que no tiene otra muestra con la cual compararse. Por la cual para resultados más confiables se eliminó esta muestra para el proceso de la cronología estandarizada.

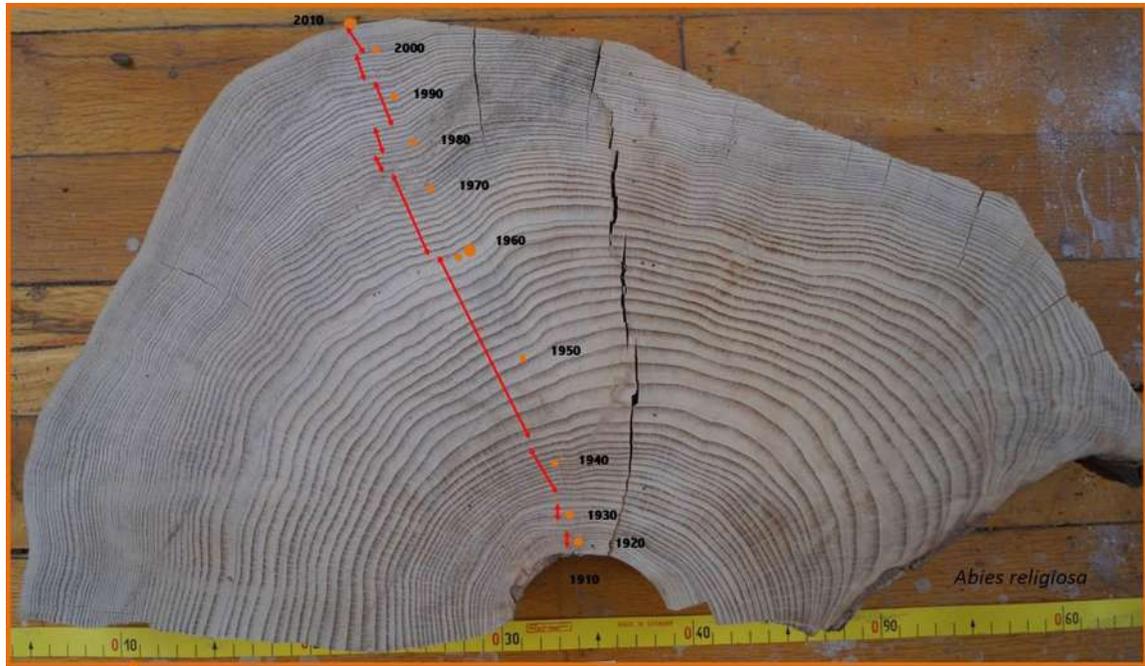


**Figura 53 Pinus pseudostrobus, de 114 años.**

*Esta muestra fue colectada de un tocón de árbol recién talado, en la zona norte alta del área de estudio. Se identificó debido a las ramas que aún permanecían pegadas al tronco principal, derribado a un costado del árbol*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012

Una de las muestras más antiguas colectadas, data de 1902 (Fig. 55). Las muestras más jóvenes corresponden a tres árboles nacidos en 1988 (24 años) (Fig. 56). Al presentar estas edades las muestras, podemos observar que es un bosque relativamente joven.



**Figura 54 Abies religiosa de 102 años.**

*Esta muestra en sección transversal, fue rescatada de los eventos de deslizamientos de Cerro Guadalupe, en Angangueo Mich, corresponde a un árbol de 102 años. Se aprecian los diferentes periodos de lluvias y sequías. Recordemos que el árbol más grande de diámetro no es necesariamente el árbol más antiguo.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012



**Figura 55 Pinus pseudostrobus de 24 años.**

*Esta muestra fue tomada del lado norte del deslizamiento de Cerro Guadalupe, en la parte más baja, fue tomada de un árbol derribado, previamente.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012

Las secciones transversales ofrecen mayor información que las virutas, debido a que se tiene el registro completo del árbol, en el caso del conteo se favoreció por la tala clandestina del lugar. En las secciones transversales se pueden identificar las estructuras de crecimiento claramente, no existen errores para la identificación de anillos falsos o ausentes. Como se realizó el conteo en tres ejes diferentes, cuando se presentaba alguna duda sobre los anillos, solo se recorría el anillo con un lápiz para identificar el anillo confuso y así tener la certeza del número de anillos por muestra. Para el caso de las virutas, en algunos casos los anillos no se identifican claramente o pueden ser confundidos (anillos dobles).

Durante el trabajo de campo se observó que el bosque de Angangueo ha estado bajo la presión de las actividades antropogénicas en diferentes periodos de tiempo. Siendo estas las principales causas de que no existan árboles más antiguos en la zona de estudio.

## 5.2 Caracterización de especies seleccionadas

Como resultado del inventario florístico en la zona de estudio, se identificaron las especies de *Pinus pseudostrobus*, *P. michoacana* y *Abies religiosa*, como las especies prioritarias para el análisis de sus anillos de crecimiento. Esto debido a las características morfológicas que presentan y que de acuerdo a la bibliografía, ya han sido descritas y comprobadas que son útiles para los análisis de sus estructuras de crecimiento. A continuación se presenta la redesccripción de las especies con algunas observaciones adicionales, como resultado del manejo de las muestras.

### 5.2.1 *Pinus pseudostrobus*, var *pseudostrobus* Lindl. 1839

**Reino:** Plantae

**División:** Pinophyta

**Clase:** Pinopsida

**Orden:** Pinales

**Familia:** Pinaceae

**Género:** *Pinus*

**Especie:** *Pinus pseudostrobus* Lindl. 1839

**Nombre común:** Mocohtaj; Pacingo  
pino blanco, pino ortiguillo, pino real.

### 5.2.1.1 Descripción

Árbol con alturas de 30 a 40 m, ocasionalmente hasta 45 m, y en diámetro normal de 40 a 80 cm (Perry, J.P. 1991); fuste recto, libre de ramas de 30 a 50% de su altura total. Hojas perennifolias (Fig. 54). Flores: de febrero a marzo, frutos: la maduración de los conos es de noviembre a diciembre en México y América central (CONAFOR, 2011).



**Figura 56 *Pinus pseudostrabus*, var *pseudostrabus* Lindl. 1839**

Izquierda: A) Árbol y ramas, B) Corteza, C) Hojas, D) Semillas y alas, E) Conos de *Pinus pseudostrabus*. Derecha madera de la especie descrita, se observan claramente las estructuras de crecimiento.

Fuente: Sáenz Reyes et al., 2011; Garduño-Mendoza, 2012

La asociación vegetal es de bosque de coníferas, bosque de Pino-Quercus. En México es encontrado en Jalisco, Michoacán, Edo. de México, Distrito Federal, Morelos, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Chiapas Se distribuye escasamente en el norte de México (Catie. 1997). Se distribuye desde 2,400 a 2,800; sin embargo, en México se ha encontrado en laderas de montaña con elevaciones de 1,600 a 3,200 (Perry, 1991).

Crecen en suelos profundos derivados de material volcánico, en sitios con bajo contenido de Fósforo, medianos contenidos de Calcio y Potasio. En el noreste del país se ha encontrado en suelos calizos y delgados (Eguiluz, T. 1978). La temperatura promedio 14.7°, mínima: -9° y máxima: 40° (Eguiluz, T. 1978). Precipitación promedio de 1,000 a 1,300, mínima: 500mm y máxima: 2,000 a 2,500 (Eguiluz, T. 1978). Es buen productor de resina, es ampliamente explotada en los estados del centro y sur del país.

### 5.2.1.2 Madera

Es de buena calidad se usa en aserrío, triplay, chapa, para cajas de empaque, molduras, en la construcción, en la fabricación de ventanas y muebles finos, artesanías, ebanistería y pulpa para papel (CATIE. 1997, Eguiluz, T. 1978). Es una especie recomendable para plantaciones comerciales, también para su uso ornamental en campos deportivos y parques, debido a que su follaje semicolgante desprende un aroma agradable a resina (Eguiluz, T. 1978).

Cuando se toman las muestras con el taladro Pressler para muestrear, se debe de introducir rápidamente el taladro y de la misma manera retirarlo que debido a la gran cantidad de resina, el taladro se pega al árbol y difícilmente se retira del árbol. Se recomienda limpiar el taladro frecuentemente con aceite WD40, cuando se utilice en esta especie de árbol. Por la claridad del crecimiento de sus anillos, es una especie de *Pinus* favorable para el análisis de su madera (Fig. 58).



*Figura 57 Muestra en sección transversal de Pinus pseudostrobus Lindl.  
1839*

*Muestra de 32 años, Anganguero, Michoacán, México.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012

### 5.2.1.3 Plagas

*P. pseudostrobus* es afectado por una serie de insectos y plantas parásitas, entre las que se destacan: *Megastigmusalbifrons* (avispa de las semillas). En Michoacán, este insecto tiene como hospederos a *P. pseudostrobus*, *P. michoacana* y *P. montezumae*; la larva consume completamente el interior del embrión y reduce la cantidad de semilla llena (Sáenz Reyes *et al.*, 2011).

5.2.2 *Pinus michoacana* Martínez, 1944 (*Pinus devoniana* Lindleyi (Farjón y Styles, 1997)

**Reino:** Plantae

**División:** Pinophyta

**Clase:** Pinopsida

**Orden:** Pinales

**Familia:** Pinaceae

**Género:** *Pinus*

**Especie:** *Pinus michoacana* Martínez

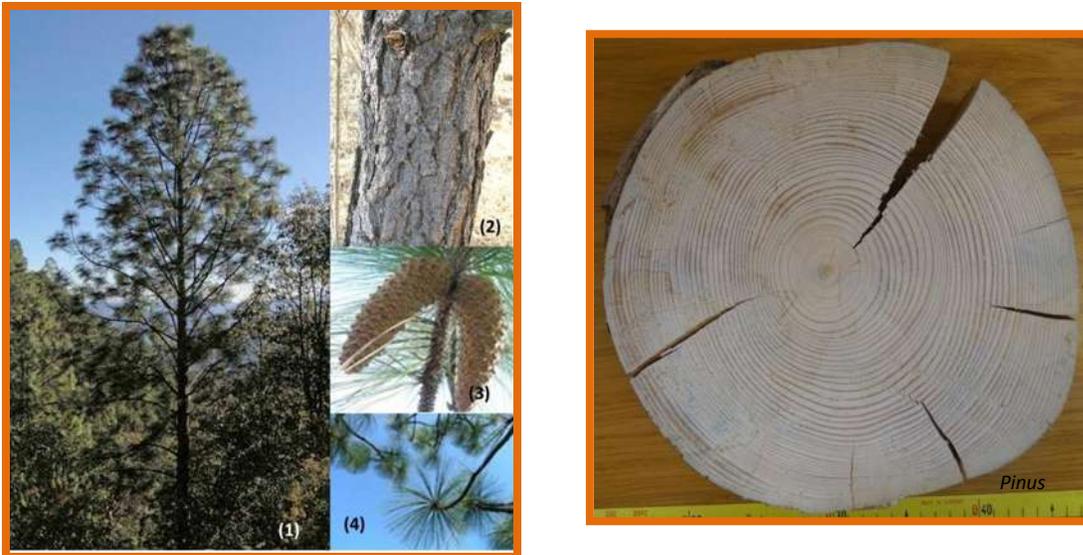
**Nombre común:** Pino Michoacana, Ocote Escobetón.

Recientemente a *Pinus michoacana* Martínez se le tiene entredicho como *Pinus devoniana* Lindleyi (Farjón y Styles, 1997), nombre taxonómicamente correcto de las dos maneras.

5.2.2.1 Descripción

Árbol de 20 a 30 m de altura, corteza áspera y agrietada, ramas largas, colocadas irregularmente en el tallo, en ángulo agudo al principio y horizontales cuando viejos; ramillas café oscuro, muy ásperas (Fig. 59). Sus hojas están dispuestas en grupos de 5, comúnmente de 30 a 35 cm de longitud, densamente colocadas, flexibles, de color verde claro a verde brillante. Los primeros 3 a 5 años, esta especie, se mantiene en estado cespitoso, pero normalmente tiene buen porte e incrementos.

Usos: Su madera de color blanco amarillenta es de buena calidad, se utiliza en la industria del aserrío, para triplay, chapa, celulosa, cajas de empaques, puntales para minas, postes para servicios públicos. Recientemente se utiliza en la ebanistería, muebles finos, duela, parquet y encofrados. En los estados de Michoacán y Oaxaca, principalmente, es importante esta especie por su producción de resina, la cual aumenta en las localidades más calurosas (CONABIO, 2011).



**Figura 58 *Pinus devoniana* Lindleyi (Farjón y Styles, 1997)**

*Izquierda: (1)Pinus devoniana* Lindleyi (Farjón y Styles, 1997), (2) Corteza del árbol, (3) Casi conos maduros en el árbol y (4) Unidades foliares. Derecha: Madera de *Pinus devoniana* Lindleyi

Fuente: conifers.org, 2005; Garduño-Mendoza, 2012.

Se distribuye desde altitudes mínima de 1200 a1350 (Eguiluz, 1978), 1218 (Inventario Forestal de Jalisco, 1970) y 1500 (Perry, 1991). Media; 1800 a 2000 (Eguiluz, 1978). Máxima de 2500 (Perry, 1991); 2600 y 3000 (Eguiluz, 1978). La precipitación en toda el área de distribución reportada se distribuye de junio a septiembre, con los meses de julio y agosto como más lluviosos y los de marzo, abril y noviembre como más secos. La temperatura media anual (°C). Mínima; -8. Media; 17.8. Máxima; 45 (Eguiluz, 1978).

#### 5.2.2.2 Madera

Es de color blanco amarillenta (Fig. 57 Derecha) es de buena calidad, se utiliza en la industria del aserrío, para triplay, chapa, celulosa, cajas de empaques, puntuales para minas, postes para servicios públicos. Recientemente se utiliza en la ebanistería, muebles finos, duela, parquet y encofrados. En los estados de Michoacán y Oaxaca, principalmente, es importante esta especie por su producción de resina, la cual aumenta en las localidades más calurosas (CONABIO, 2011).

### 5.2.3 *Abies religiosa* (Kunth) Schltld. & Cham

**Reino:** Plantae

**División:** Pinophyta

**Clase:** Pinopsida

**Orden:** Pinales

**Familia:** Pinaceae

**Género:** *Abies*

**Especie:** *Abies religiosa* (Kunth) Schltld. & Cham.

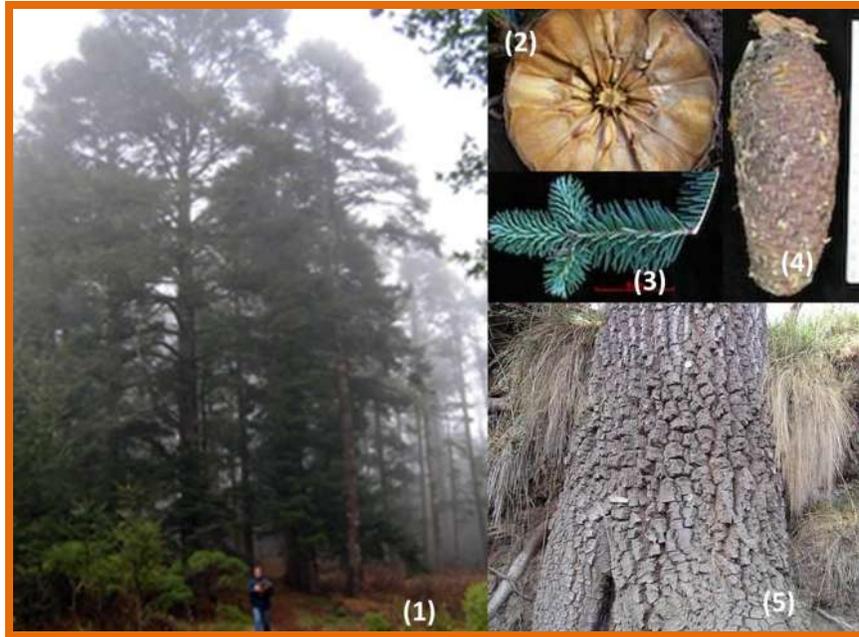
**Nombres comunes:** Abeto, acshoyatl, bansú, ocopetla, oyamel, pinabete, thúcum, Ueyomel, Ixcaltepec y xolócotl.

#### 5.2.3.1 Descripción

Árbol nativo de México, monoico de 35 a 40 m de altura, en ocasiones hasta 60 m, y diámetro normal hasta de 1.80m. de hojas perenes. Las estructuras reproductivas masculinas y femeninas se presentan desde diciembre (Fig. 57). La fructificación se presenta de noviembre a enero (Patiño, F *et alt.*, 1983), la dispersión de las semillas ocurre entre marzo y abril (Mayen, L. 1987).

En México se distribuye en los estados de Hidalgo, Puebla, Veracruz, Michoacán, Jalisco, Morelos, México, Guerrero y Tlaxcala (Manzanilla, H. 1974). Se distribuye desde los 3,500msnm hasta 2,800msnm. Generalmente de suelos profundos, aunque también en suelos someros, de textura: Limo-arenosa, arcillo-arenosa, arenosa. Pedregosidad de ligera a moderada, estructura: granular o en bloque, bien drenados (López, M.A. 1993).

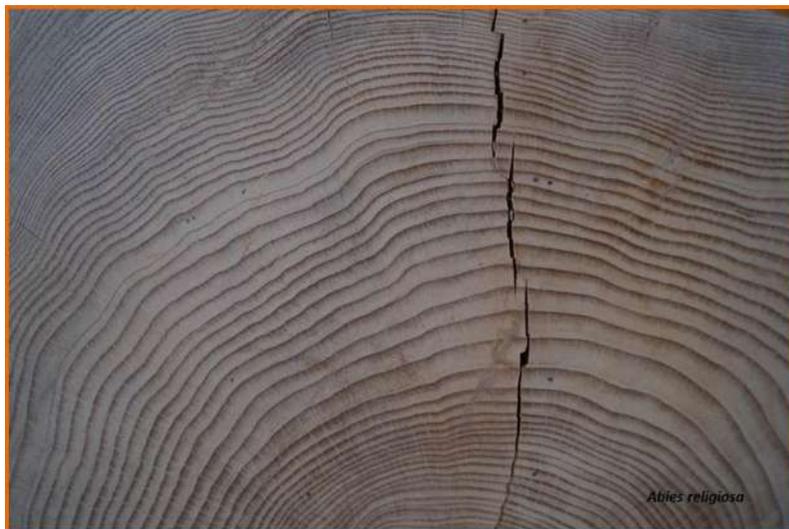
Los suelos donde se establece el oyamel son muy jóvenes, de origen volcánico (andesitas, basaltos o riolitas) y presentan geformas con pendientes muy pronunciadas (Mayen, L. 1987, Manzanilla, H. 1974.); aunque generalmente se establecen en suelos profundos, en el Edo. de México y en Jalisco se encuentran sobre una capa muy delgada de cenizas volcánicas; también se menciona que las propiedades físicas del suelo influyen más en el desarrollo de oyamel que las químicas, la profundidad, el drenaje, la textura, estructura y el contenido de humus son propiedades decisivas en el desarrollo del oyamel (Manzanilla, H. 1974).



**Figura 59 *Abies religiosa* (Kunth) Schlttdl. & Cham**

(1) *Abies religiosa* (2) Sección transversal de un cono maduro, (3) Hoja, (4) Cono completo y (5) Corteza de corcho en un árbol.

Fuente: conifers.org/pi/Pinus.php, 2005



**Figura 60 Madera de *Abies religiosa***

La madera de *Abies religiosa*, permite el conteo de las estructuras de crecimiento; de acuerdo a la bibliografía la esperanza de vida es de más de 160 años en condiciones óptimas

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012.

### 5.2.3.2 Madera

La madera no es de muy buena calidad (Fig.61), pero se recomienda para fabricar papel, ya que la pulpa es de muy buena calidad; como madera aserrada se puede utilizar en la fabricación de cajas, puertas, marcos y techos interiores, fabricación de postes que transmiten energía eléctrica, cercas, durmientes y palos de escoba (Mayen, L. 1987). La textura de la madera es mediana, de veteado suave y sin olor ni sabor; el peso específico de la madera verde es de 0.860 g/cm<sup>3</sup> y de 0.360 g/cm<sup>3</sup> con 12% de humedad. Por su color claro, peso ligero, ausencia de manchas y de resina, y su carencia de olor se recomienda como apropiada en la fabricación de empaques para alimentos, como pescado, azúcar, etc. La trementina, “aceite de palo” “aceite de abeto”, es recomendada para su empleo medicinal; la corteza de árboles viejos es utilizada para carbón, y la madera en la construcción de casas (Manzanilla, H. 1974).

Las principales plagas y enfermedades conocidas para *Abies religiosa* son: *Arceuthobium abietis religiosae* es una planta parásita de la familia *Lorantacea* que ataca principalmente las ramas y en casos muy raros también el fuste, provoca tumores y deformaciones. *Pseudohylesinus mexicanus*, *Scolitus ventralis* e *Hylurgops flobri* provocan descortezamiento de la punta de los árboles. *Evita hyalinaria* puede causar defoliación del árbol, *Fomes pinicola* y *Polyporus borealis* son hongos que atacan tanto a la madera viva como la madera muerta (Manzanilla, H. 1974).

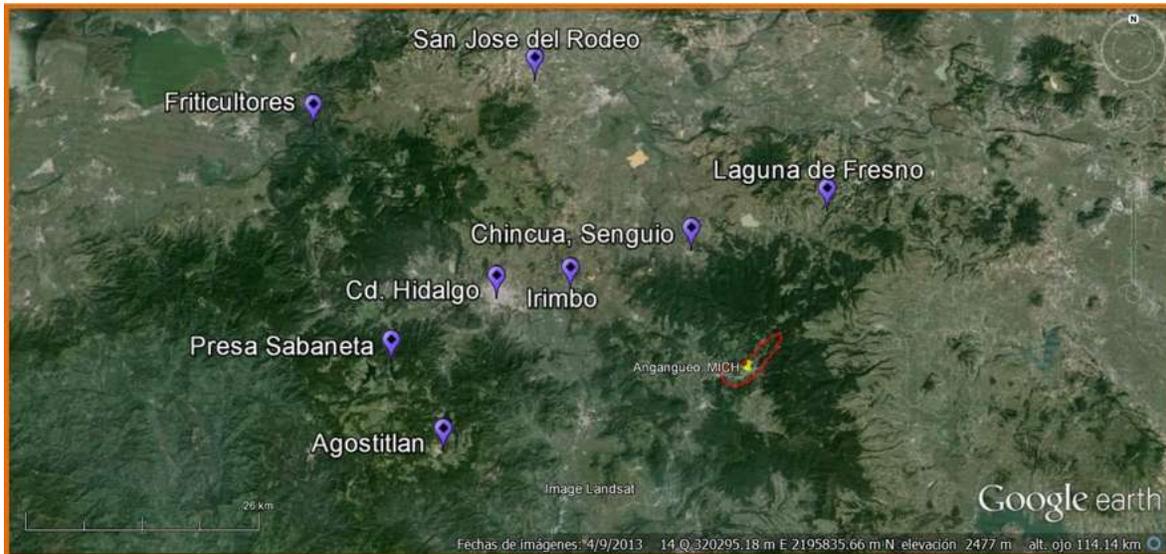
## 5.3 Reconstrucción climática

Esta reconstrucción climática se realizó en dos partes, para obtener la mayor cantidad de datos y resultados posibles. Por un lado se consultó a CONAGUA, para obtener los registros de las estaciones climáticas cercanas a la zona de estudio (-60 Km de distancia) y por otro lado se desarrolló la cronología climática en base a la metodología de análisis de estructuras de crecimiento de los árboles (Dendrocronología). Obteniendo los siguientes resultados:

### 5.3.1 Registros de las estaciones climáticas

Una vez obtenidos los datos de las estaciones climáticas se realizó un análisis de las diferentes estaciones. De las cuales se obtuvo los datos de 8 estaciones climáticas (Fig. 62) del Estado de Michoacán y Edo. de México; debido a que una de las estaciones (Fruticultores) no cuenta con

datos sustanciales para el análisis se optó por ser eliminada. Esta estación presenta registros de 1980 a 2005.



**Figura 61 Estaciones climáticas con registro de datos de lluvia por año**  
*Estaciones climáticas a menos de 60Km de distancia del área de estudio*

Fuente: Google Earth, 2013

De acuerdo a las estaciones climáticas distribuidas en la zona de estudio existen registros desde 1922 al 2010, mismas que presentan datos incompletos de años, meses y días. Esto se debe a la falta de continuidad en los procesos administrativos y gubernamentales, ya que con los cambios de administraciones, se cambia de personal que registre estos datos o inclusive hay estaciones donde no cuentan con personal. Para la descripción solo se tomaron en cuenta los años donde el registro de lluvia se encuentre completo (12 meses).

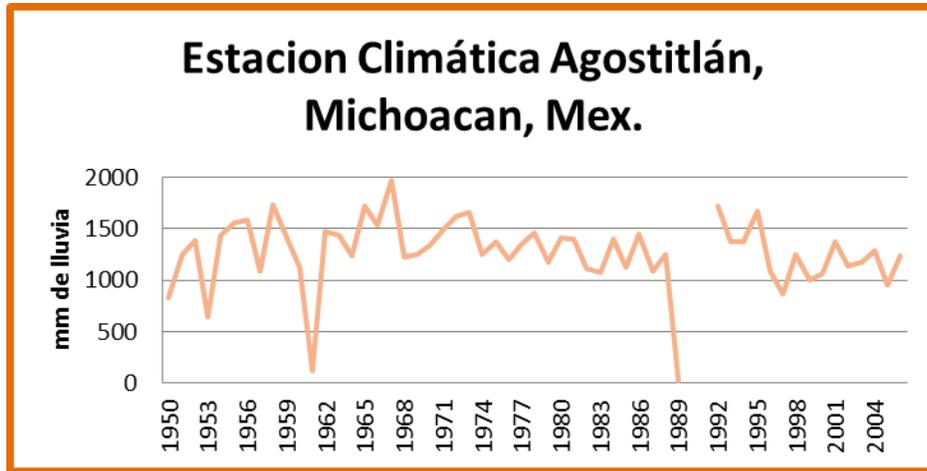
#### 5.3.1.1 Estación Agostitlán

Esta estación climática se localiza a 35 Km del área de estudio, comprende un registro climático de 1950 a 1978. El año con mayor registro de lluvia es 1967 con 1971.6 mm de agua. El año con menor cantidad de lluvia registrada fue 1961 con 123.5 mm en 11 meses de registro en el año.

AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS	AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS
1950	832.4	6	1979	1180.8	12
1951	1247.5	12	1980	1416.7	12
1952	1383.3	12	1981	1393.4	12
1953	638.7	12	1982	1118.9	12
1954	1432.5	12	1983	1073.7	12
1955	1564.3	12	1984	1398.5	12
1956	1578.1	12	1985	1120.2	12
1957	1082.5	12	1986	1446.6	12
1958	1738.9	11	1987	1084.2	12
1959	1414	12	1988	1248.6	12
1960	1127.6	12	1989	19.2	4
1961	123.5	11	1990	s/r	s/r
1962	1469.6	12	1991	s/r	s/r
1963	1432.7	12	1992	1725.5	12
1964	1243.1	12	1993	1379	12
1965	1714.7	12	1994	1379.3	12
1966	1528.9	12	1995	1671	12
1967	1971.6	12	1996	1086	12
1968	1228.3	12	1997	871	12
1969	1250.3	12	1998	1244.5	12
1970	1341.3	12	1999	999.5	12
1971	1494	12	2000	1058	12
1972	1615.6	12	2001	1372.7	12
1973	1661.5	11	2002	1134.7	11
1974	1249.5	9	2003	1172.3	12
1975	1377.6	11	2004	1284.6	12
1976	1201.1	11	2005	947.4	12
1977	1351.9	12	2006	1242.2	12
1978	1455	12			

*Tabla 4 Registro por año de lluvia registrada en Estación Agostitlán*

Fuente: CONAGUA, 2012



**Gráfica 1 Registro de lluvia estación Agostitlán**

Se observa como existe un vacío de información entre los años 1988 y 1992.

Fuente: CONAGUA, 2012

### 5.3.1.2 Estación Chincua, Senguio

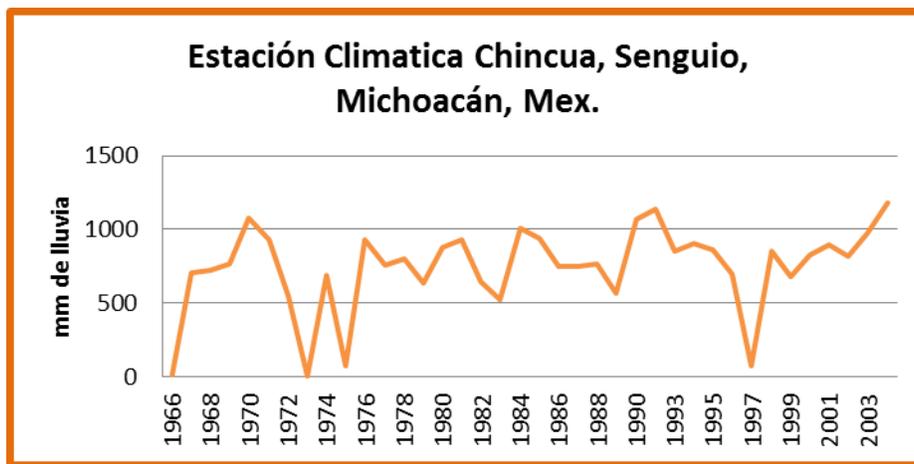
Se localiza a 16 Km del área de estudio, comprende un registro climático de 1966 a 1984. El año con mayor registro de lluvia es 2004 con 1180.6mm de agua, en 12 meses de registro. El año con menor cantidad de lluvia registrada fue 1975 con 70.5mm en 12 meses de registro en el año.

AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS	AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS
1966	8.8	2	1985	935.7	12
1967	708	8	1986	751.5	12
1968	726	11	1987	752.5	12
1969	767.2	12	1988	764.3	12
1970	1075.9	12	1989	566.3	8
1971	925.9	12	1990	1066.1	12
1972	547.2	12	1992	1136.5	12
1973	4	5	1993	855	12
1974	689	12	1994	907.1	12
1975	70.5	12	1995	860.5	12
1976	927.4	12	1996	698	12
1977	753	12	1997	77.5	12
1978	803	12	1998	852	12

1979	636.5	12	1999	680.5	12
1980	881.6	12	2000	822.7	12
1981	932.8	12	2001	892	12
1982	641.7	12	2002	814	9
1983	521.5	7	2003	971.4	12
1984	1011	12	2004	1180.6	12

*Tabla 5 Registro de lluvia Estación Chincua, Senguio*

Fuente: CONAGUA, 2012



*Gráfica 2 Registro de lluvia estación Chincua*

*Debido a la ausencia de datos se observan varios picos, representando años con poca cantidad de lluvia registrada en un año.*

Fuente: CONAGUA, 2012

### 5.3.1.3 Estación Laguna Fresno

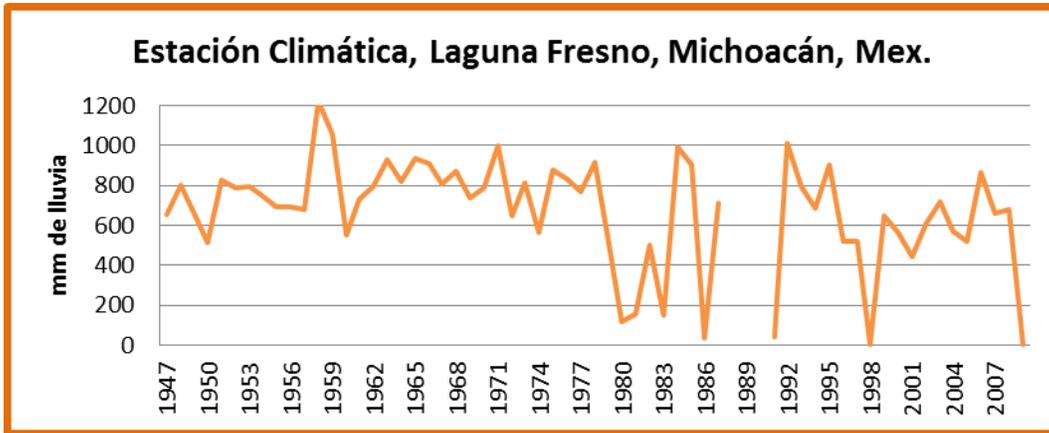
Se localiza a 21 Km del área de estudio, comprende un registro climático de 1947 a 2009. El año con mayor registro de lluvia es 1958 con 1223.6mm de agua, en 12 meses de registro. El año con menor cantidad de lluvia registrada fue 1950 con 517mm en 12 meses de registro en el año.

AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS	AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS
1947	652.1	12	1979	508.2	12
1948	801.5	12	1980	117.5	2
1949	667.7	11	1981	155	2
1950	517	12	1982	503	5

1951	825.5	12	1983	151	6
1952	790.7	12	1984	993.5	12
1953	792.4	12	1985	901	12
1954	746.4	11	1986	33	4
1955	694.9	11	1987	710.5	12
1956	691.9	12	1988	s/r	s/r
1957	681.2	12	1989	s/r	s/r
1958	1223.6	12	1990	s/r	s/r
1959	1054.7	12	1991	45	1
1960	549.7	12	1992	1013.2	12
1961	731.7	12	1993	793.5	12
1962	793.3	12	1994	685	12
1963	931.2	12	1995	903	12
1964	821.1	12	1996	520	12
1965	933	12	1997	519.5	11
1966	910.6	12	1998	7	2
1967	805.6	12	1999	650.3	11
1968	871.1	10	2000	567.1	12
1969	738.3	12	2001	444.5	12
1970	791.6	12	2002	611.3	12
1971	995.9	12	2003	719.8	12
1972	649	12	2004	573.4	12
1973	813	12	2005	517.8	12
1974	562.6	12	2006	864.9	12
1975	880	12	2007	661.1	12
1976	833.4	12	2008	679.2	12
1977	770.8	12	2009	5	1
1978	913.2	12			

*Tabla 6 Registro de lluvia estación Laguna Fresno*

Fuente: CONAGUA, 2012



*Gráfica 3 Registro de lluvia estación Laguna Fresno.*

*Para 1958, se observa que fue el año más lluvioso registrado en esta estación.*

Fuente: CONAGUA, 2012

#### 5.3.1.4 Estación Presa Sabaneta

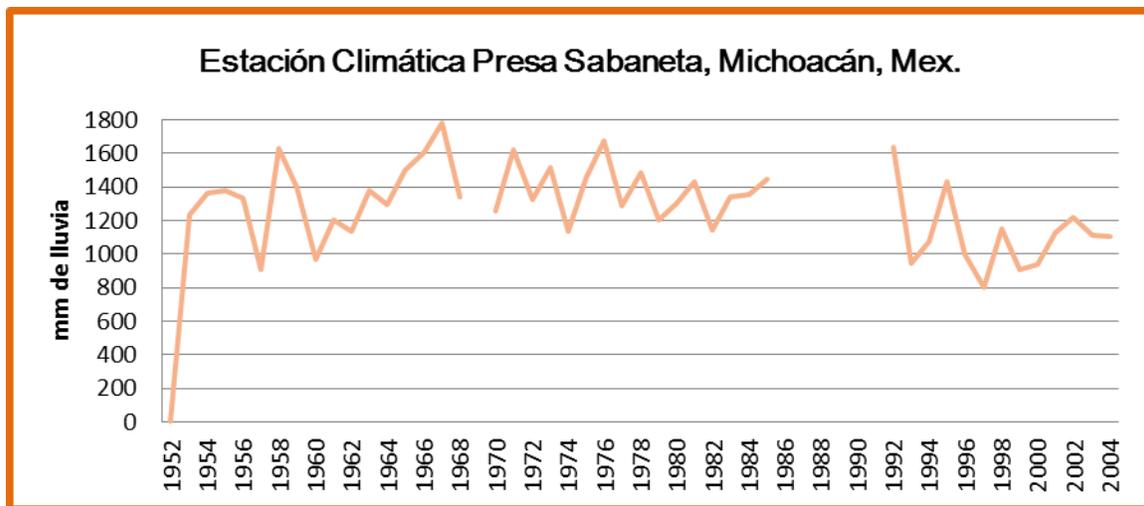
Se localiza a 38 Km del área de estudio, comprende un registro climático de 1952 a 2004. El año con mayor registro de lluvia es 1967 con 1780.4mm de agua, en 12 meses de registro. El año con menor cantidad de lluvia registrada fue 1957 con 909.4mm en 12 meses de registro en el año.

AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS	AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS
1952	2	1	1979	1202.9	12
1953	1234.2	12	1980	1305	12
1954	1364.9	12	1981	1433.9	12
1955	1381.2	12	1982	1145.5	12
1956	1329.2	12	1983	1337.9	12
1957	909.4	12	1984	1354.6	12
1958	1630.1	12	1985	1449.2	12
1959	1398.3	12	1986	s/r	s/r
1960	965.1	12	1987	s/r	s/r
1961	1205.1	12	1988	s/r	s/r
1962	1131.7	12	1989	s/r	s/r
1963	1375.4	12	1990	s/r	s/r
1964	1296.1	12	1991	s/r	s/r
1965	1496.1	12	1992	1635.5	12

1966	1605.6	12	1993	944.7	12
1967	1780.4	12	1994	1075	11
1968	1336.9	12	1995	1428.5	12
1969	s/r	s/r	1996	996	12
1970	1257.6	12	1997	800.5	12
1971	1623.9	12	1998	1149	12
1972	1324	12	1999	909.5	12
1973	1512.8	12	2000	935	12
1974	1135.2	12	2001	1129.4	9
1975	1451.4	12	2002	1220.5	12
1976	1674.7	12	2003	1110.5	12
1977	1286.3	12	2004	1101.7	10
1978	1483.6	12			

**Tabla 7 Registro de lluvia estación Presa Sabaneta**

Fuente: CONAGUA, 2012



**Gráfica 4 Registro de lluvia estación de Presa de Sabaneta**

En el periodo de 1960 a 1964, en la bibliografía se reporta como un periodo largo de sequía, para el centro de México.

Fuente: CONAGUA, 2012

#### 5.3.1.5 Estación Cd. Hidalgo

Se localiza a 30 Km del área de estudio, comprende el registro climático con mayor cantidad de años en su base de datos, comprende de 1922 a 1988. También incluye casi todos los meses por año en su registro. El año con mayor registro de lluvia es 1967 con 1193.1mm de lluvia, en 12

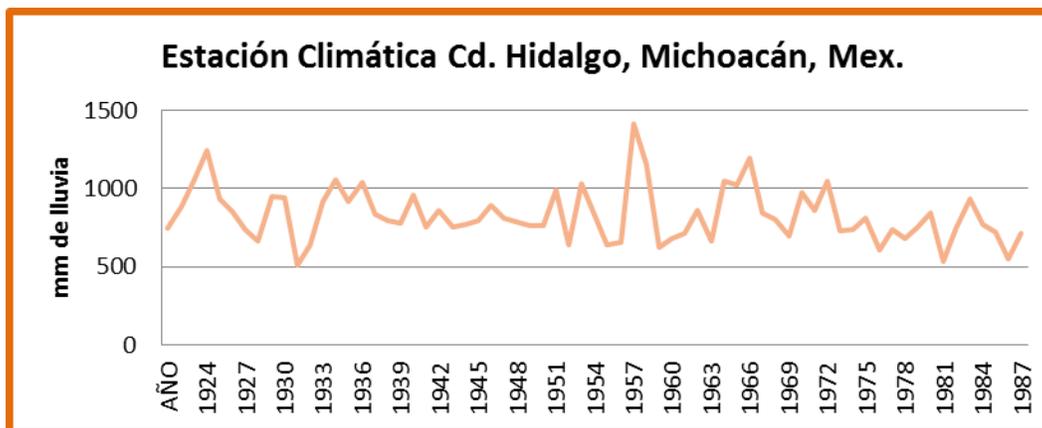
meses de registro. El año con menor cantidad de lluvia registrada fue 1932 con 58.8mm en 12 meses de registro en el año.

AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS	AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS
1922	746.5	12	1956	638.7	12
1923	882	12	1957	657.1	12
1924	1059.1	12	1958	1416.2	12
1925	1245.9	12	1959	1153	12
1926	930.1	12	1960	627.1	12
1927	855.5	12	1961	680.3	12
1928	736.5	12	1962	712.6	12
1929	667.5	12	1963	862.9	12
1930	950.9	12	1964	661.1	12
1931	940.6	12	1965	1048	12
1932	508.8	12	1966	1019.7	12
1933	638.6	12	1967	1193.1	12
1934	919	12	1968	846.2	12
1935	1053.4	12	1969	806.3	12
1936	916.9	12	1970	699.7	12
1937	1039.5	12	1971	971	12
1938	835	12	1972	861.2	12
1939	797.6	12	1973	1050.3	12
1940	780.3	12	1974	726.4	12
1941	958.1	12	1975	734.2	12
1942	752.1	12	1976	812.9	12
1943	858	11	1977	610.8	12
1944	753.5	12	1978	740.9	12
1945	766.6	12	1979	677.7	12
1946	791	11	1980	755.1	12
1947	895.8	11	1981	841	12
1948	809.3	12	1982	537.6	12
1949	784.3	12	1983	742	12
1950	762.3	12	1984	931.4	12
1951	758.2	12	1985	766.5	12
1952	986.6	12	1986	723.7	12
1953	635.9	12	1987	547.7	12

1954	1029.6	12	1988	717.2	12
1955	834	12			

*Tabla 8 Registro de lluvia estación Cd. Hidalgo*

Fuente: CONAGUA, 2012



*Gráfica 5 Registro de lluvia estación Cd. Hidalgo*

*Esta estación representa los datos con mayor confiabilidad por tener su registro completo.*

Fuente: CONAGUA, 2012

#### 5.3.1.6 Estación Irimbo

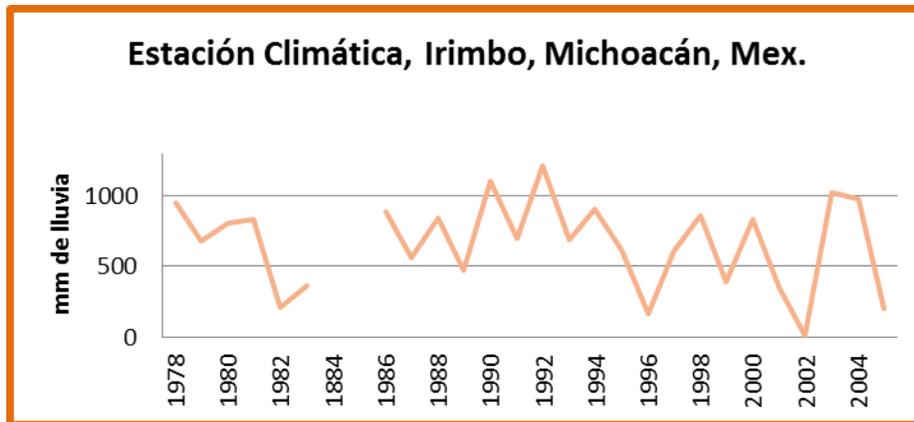
Se localiza a 23 Km del área de estudio, comprende un registro climático de 1978 a 2006. El año con mayor registro de lluvia es 1990 con 1105.9 mm de agua, en 12 meses de registro. El año con menor cantidad de lluvia registrada fue 2001 con 341.7 mm en 12 meses de registro en el año.

AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS	AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS
1978	952.4	11	1992	1211.3	12
1979	675	11	1993	691	12
1980	800.8	12	1994	899.9	11
1981	828.6	12	1995	619.9	12
1982	213.9	6	1996	162	4
1983	366.8	9	1997	605.5	10
1884	s/r	s/r	1998	863	6
1885	s/r	s/r	1999	388.5	6
1986	882.6	9	2000	834.8	12

1987	558.5	12	2001	341.7	12
1988	844.3	12	2002	8.6	3
1989	475.7	12	2003	1020	12
1990	1105.9	12	2004	979.9	12
1991	694.6	12	2006	205.5	5

*Tabla 9 Registro de lluvia estación Irimbo*

Fuente: CONAGUA, 2012



*Gráfica 6 Registro de lluvia estación Irimbo*

*En esta estación podemos observar que los datos aquí registrados, no son comparables con las otras estaciones analizadas.*

Fuente: CONAGUA, 2012

### 5.3.1.7 Estación San José

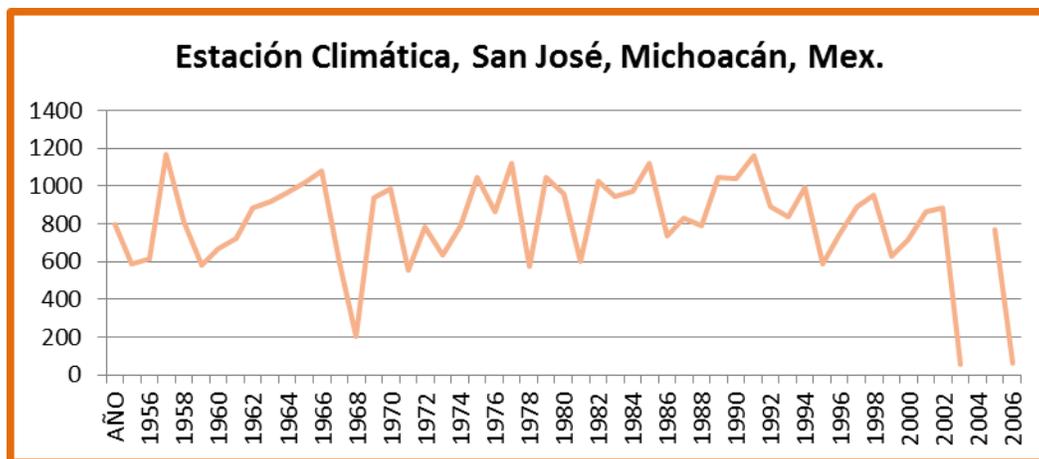
Se localiza a 20Km del área de estudio, comprende un registro climático de 1955 a 2007. El año con mayor registro de lluvia es 1992 con 1160.2 mm de agua, en 12 meses de registro. El año con menor cantidad de lluvia registrada fue 1972 con 557.1 mm en 12 meses de registro en el año.

AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS	AÑO	TOTAL mm DE LLUVIA REGISTRADA POR AÑO	TOTAL MESES CON DATOS
1955	799.9	7	1982	599.2	11
1956	590	11	1983	1025.8	12
1957	612.2	12	1984	943.3	12
1958	1164.2	12	1985	971.6	12
1959	811.7	12	1986	1121.6	12
1960	578.7	12	1987	735.9	12

1961	667.7	12	1988	831.9	12
1962	720.7	12	1989	790.4	12
1963	887.3	12	1990	1043.9	11
1964	920.1	12	1991	1040.4	12
1965	965.4	12	1992	1160.2	12
1966	1020.9	12	1993	893	12
1967	1077.4	12	1994	837.7	12
1968	596.2	11	1995	993.4	12
1969	202.1	7	1996	586	7
1970	935.2	12	1997	744	12
1971	987.6	12	1998	889.5	12
1972	557.1	12	1999	954.5	12
1973	785.1	12	2000	625	8
1974	633.6	12	2001	714.1	12
1975	792.7	12	2002	861.2	12
1976	1049.2	12	2003	887	12
1977	864.5	12	2004	52	3
1978	1121.1	12	2005	s/r	s/r
1979	574.8	12	2006	772.19	12
1980	1046	12	2007	65	4
1981	955	12			

*Tabla 10 Registro de lluvia San José*

Fuente: CONAGUA, 2012



*Gráfica 7 Registro de lluvia estación San José*

Fuente: CONAGUA, 2012

### 5.3.1.8 Resultados de las estaciones climáticas

Al analizar los datos de las diferentes estaciones climáticas obtuvimos los siguientes resultados:

En la base de datos obtenida de las estaciones climáticas de la CONAGUA, se presentan solo dos datos: temperatura y cantidad de lluvia registrada por día o mes. Para lo cual se realizó la sumatoria de lluvia acumulada por año. Y se grafica este dato para obtener la cantidad de lluvia registrada por año, de cada estación climática. Tomando en cuenta que hay un vacío de información y que solo será un comparativo para el registro de lluvia registrada por año, que representa el crecimiento anual de cada anillo de crecimiento de los árboles.

La información obtenida de las estaciones climáticas no se encuentra completa. Por diversas causas (perdida de datos, años o meses sin registro, abandono de estaciones, mal funcionamiento de los equipos etc.). Existen años donde solo se registró la cantidad de lluvia para un solo mes. Una de las estaciones más completas es la de Ciudad Hidalgo que cuenta con un registro desde 1922-1988, está a cargo de la CFE. Las estaciones climáticas registran la temperatura y precipitaciones diarias, ocurridas en los lugares que están instaladas.

Los años con mayor cantidad de lluvia son: 1958, 1967, 1983, 1990, 1992 y 2004, Siendo 1967 el año de mayor coincidencia en tres estaciones. Los años con menor cantidad de lluvia fueron 1932, 1950, 1957, 1961, 1972, 1975, 1982 y 2001. Para algunos años se observan diferencias con los periodos de sequía y los registros de las E.C., para mayor identificación se presentan en el siguiente cuadro:

ESTACIÓN CLIMÁTICA	AÑO CON MAYOR LLUVIA REGISTRADA	AÑO CON MENOR LLUVIA REGISTRADA
Agostitlán	1967	1961
Chincua	2004	1975
Fresno	1958	1950
Sabaneta	1967	1957
Cd. Hidalgo	1967	1932
Irimbo	1990	2001
Fruticultores	1983	1982
San José	1992	1972

*Tabla 11 Registro de años con mayor y menor cantidad de lluvia*

*Los datos sombreados son los años con menor cantidad de lluvia y coinciden con los periodos de sequías reportados por el CENAPRED. Para el caso que se correlacionaran serán los incendios (como resultado de las sequías).*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

Así pues, podemos ver que las E.C., representan una fuente de información sesgada. Esta información será correlacionada en apartados posteriores, tanto para el análisis de años lluviosos y años secos.

#### 5.4 Cronología Climática

Una vez obtenidas las fechas exactas del primer y último año de vida de las muestras, se procedió a medir todas las muestras, en tres ejes diferentes (como se mostró en la metodología). Una vez obtenidas todas las mediciones, en un archivo \*.txt, se procedió a ingresar los datos en el programa COFECHA, para la verificación de las mediciones. Los resultados obtenidos son los siguientes:

El programa COFECHA, permite hacer un control de calidad y la hace una verificación de las mediciones de anillos de los árboles. En el primer análisis del programa nos brinda la información de los posibles errores de medición que presentan las muestras, haciendo referencia a la década donde se presenta el "error"; para corregirlo fue necesario regresar a consultar las muestras y verificar el error que se refleja en las muestras. Una vez corregidos los datos se ejecuta el programa COFECHA y los resultados fueron los siguientes (Fig. 63):

```
*****  
*C* Number of dated series      102 *C*  
*O* Master series 1915 2012   98 yrs *O*  
*F* Total rings in all series  3254 *F*  
*E* Total dated rings checked  3254 *E*  
*C* Series intercorrelation    .601 *C*  
*H* Average mean sensitivity    .364 *H*  
*A* Segments, possible problems  22 *A*  
*** Mean length of series      31.9 ***  
*****
```

**Figura 62** Valores obtenidos por el programa COFECHA

Ventana del programa COFECHA, que brinda los valores básicos para la construcción de una cronología climática

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013.

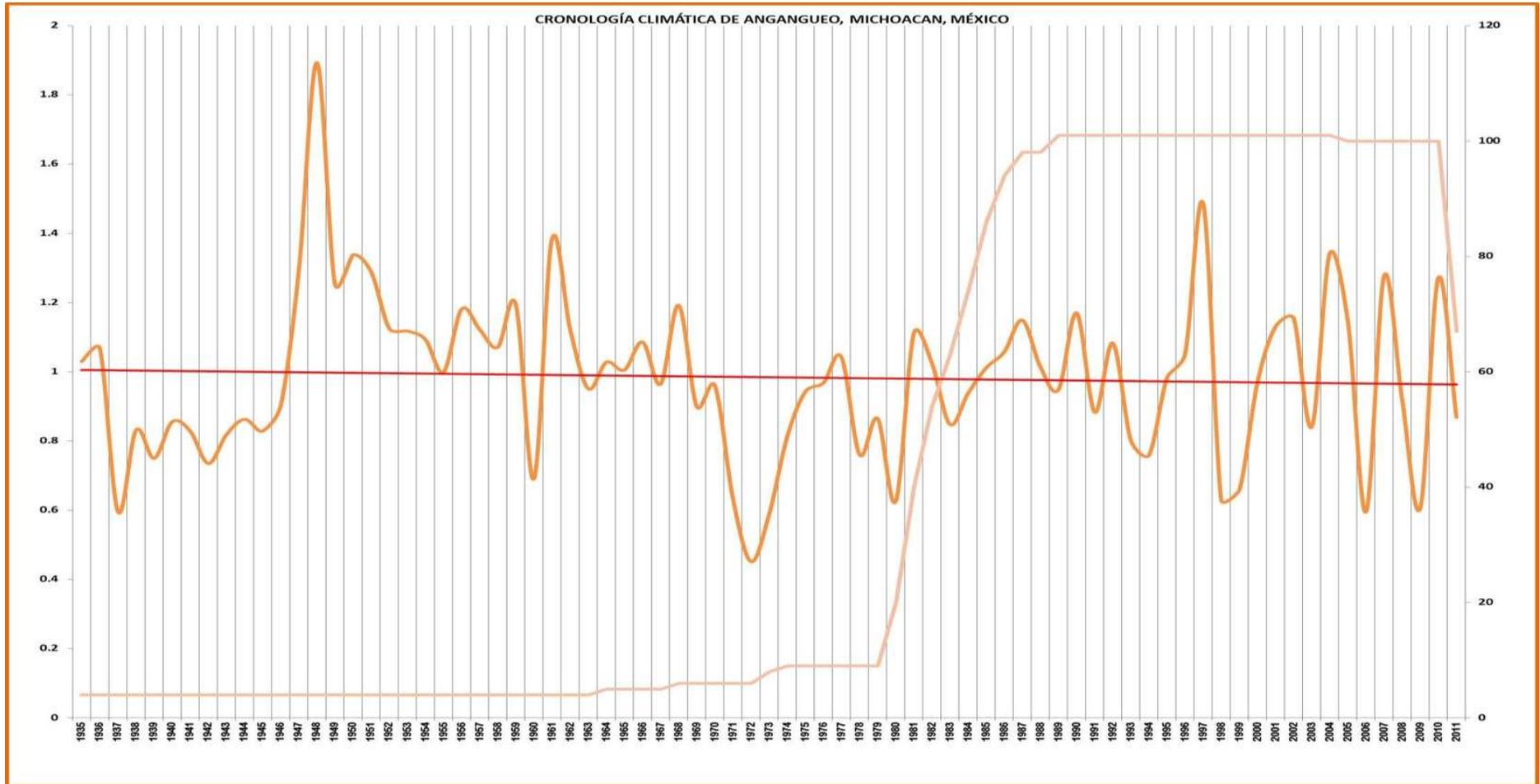
El programa realizó comparaciones en una serie de 102 años. La serie maestra comprende de 1915 al 2012. El total de anillos en la serie fueron 3254 estructuras decrecimiento analizadas. Y el mismo número de anillos fueron verificados o correlacionados entre sí mismos. El valor de intercorrelación es de .601 (el valor mínimo para validar la serie es de 0.333). Por lo cual la serie presentada es válida para continuar con el análisis de las muestras. Los segmentos que presentan problemas son 22 (pueden ser anillos falsos, ausentes o perdidos, lo cual es un valor aceptable

para el procesamiento de la información). La longitud promedio de la serie es de 31.9 años. Al observar los resultados de COFECHA, verificamos que la información obtenida es válida para generar la cronología maestra en el programa Arstan.

Como una observación adicional a este proceso, se eliminó la edad más antigua, ya que provocaba una desviación estándar mayor, porque no tenía otro año con el cual compararse (más de 100 años) y para mantener el control de la muestra se eliminó el último año (2012), para tener la certeza de que el último año de las muestras estuviera completo (2011).

Debido a que el programa Arstan no permite una manipulación de la gráfica, se realizó con ayuda del programa R, que funciona como un programa estadístico donde se escriben los comandos y presenta una ventana donde aparecen los gráficos que se van creando. Estos datos se exportan en Excel para graficar los datos y darle una mejor presentación a la gráfica (solo por estética del gráfico). Al final se obtuvo la siguiente cronología maestra:

DENDROCRONOLOGÍA DE EVENTOS EXCEPCIONALES: CASO DE ESTUDIO ANGANGUEO MICHOCÁN, MÉXICO



Gráfica 8 Cronología Maestra de Angangueo Michoacán

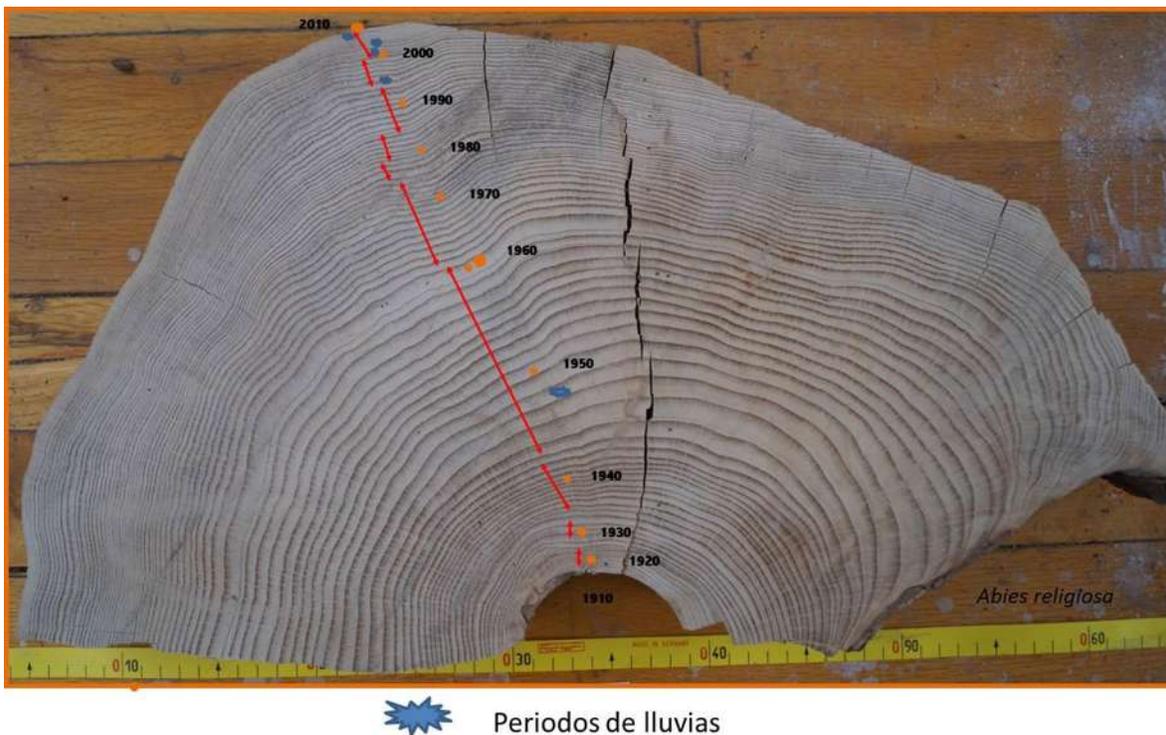
Esta cronología se obtiene de árboles del género *Pinus* y *Abies*. Se presenta las variaciones de periodos de sequías y periodos húmedos.

Se observan la cantidad de muestras distribuidas en la cronología. La tendencia de la cronología es a la disminución de periodos húmedos y por tanto el incremento en los periodos secos (sequías).

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

### 5.4.1 Resultados de Periodos Húmedos

La cronología presenta una extensión de tiempo de 76 años, de 1935 a 2011. Se identifican varios años lluviosos en Angangueo. El año de 1947, se identifica como un año de lluvias abundantes; ya que presenta el pico más elevado de la cronología. Posteriormente se identifican otros años húmedos como son 1940, 1944, 1948, ligerante 1950 y 1954, 1958, 1961 y 1964 (estos dos ultimos, entre un periodo se sequia); 1966, 1977, 1981, 1984, 1987, 1990, 1992, 1997, 2002, 2007 y 2010. Resaltando los años de 1948, 1997, 2004, 2007 y 2010, como años con un registro de lluvia mayor, que representa anillos de crecimiento anchos (Fig. 64).



**Figura 63 Muestra en sección transversal con los años de lluvias extraordinarias**

*Se observa una sección transversal con los años lluvios de mayor representatividad. Esto a que fueron años donde el crecimiento del anillo de crecimiento fue mayor.*

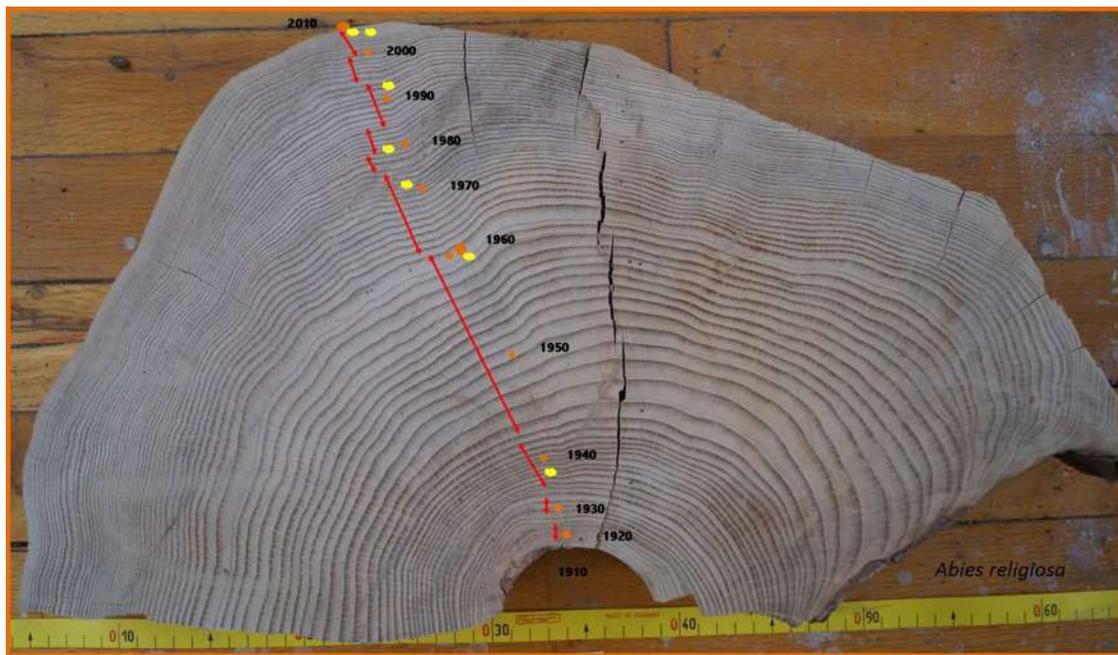
Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

Si bien los años con mayor cantidad son varios los de mayor representatividad son solo cinco (Fig. 64), ya que son años claves utilizados para el cofechado de todas las muestras.

#### 5.4.2. Resultados de Periodos Secos

Los resultados obtenidos para los periodos de secas se presentan de manera recurrente, aunque por el tipo de clima y de vegetación se podría pensar que no es así. La cronología estandarizada refleja la disminución de la disponibilidad de agua obtenida por las plantas, que están representada por anillos angostos. Los años con mayor representatividad de secas (menor crecimiento de árboles) son: 1937, 1960, 1972, 1980, 1994, 1999, 2006 y 2009 (Fig. 65).

Estos años están comprendidos en periodos de sequias reportados en la bibliografía (se describirán en el apartado de conclusiones).



 Años extraordinariamente secos

**Figura 64 Muestra en sección transversal con los años de sequias extraordinarios.**

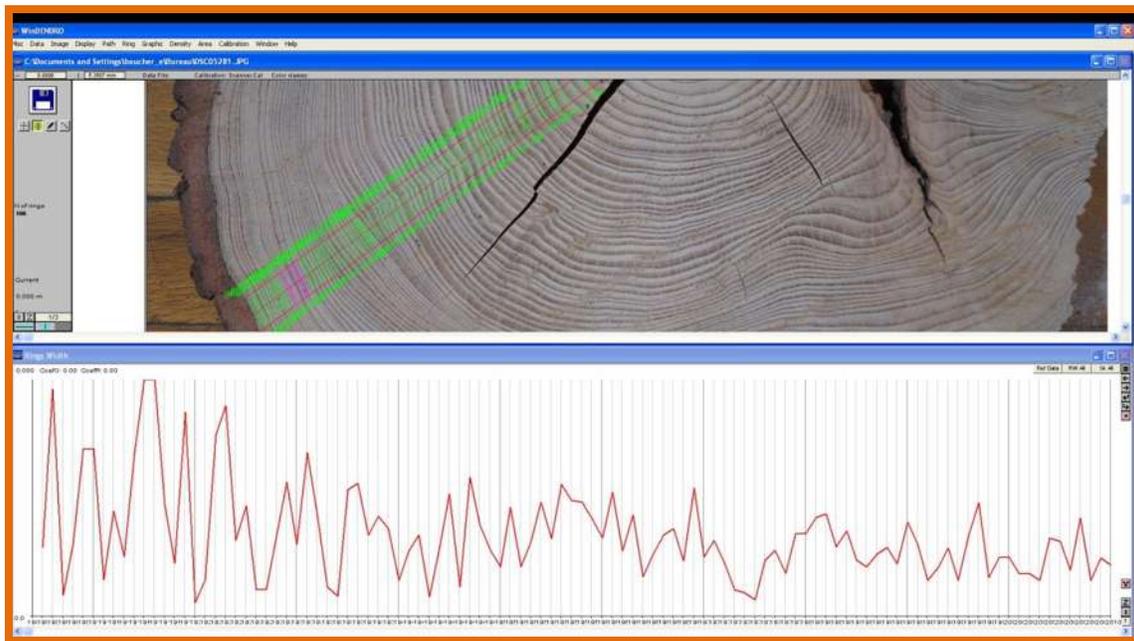
Se observan que los años de mayor representatividad (anillos delgados), están presentes en los periodos de estiaje.

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

### 5.4.3 Resultados de los Programa WinDendro e Image-Pro

Como una opción a la metodología tradicional del procesamiento de muestras, se hace un análisis de los programas WinDendro e Image-Pro, para la medición de anillos de crecimiento, presentando los siguientes resultados:

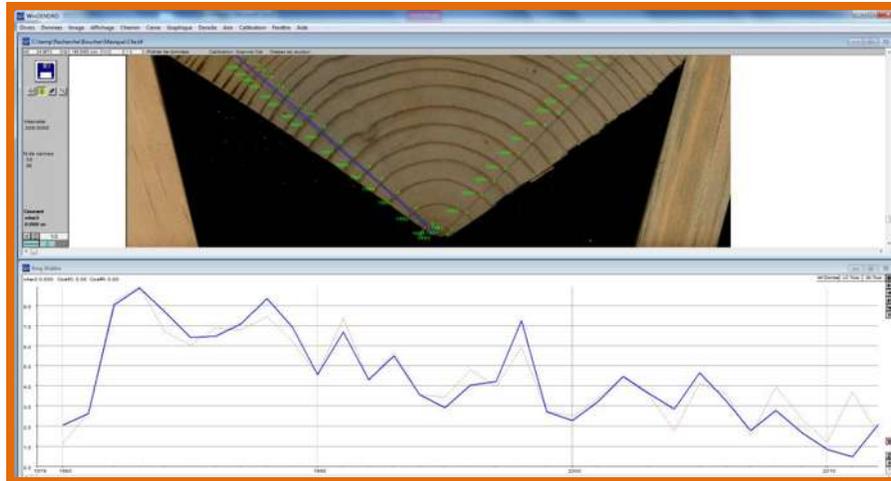
Con la finalidad de robustecer estos datos, pedimos el apoyo al Dr. Étienne Boucher, de la Universidad de Montreal, Canadá, las muestras fueron analizadas con el programa WinDendro. El resultado se presenta en la pantalla final de medición del programa; aquí se presenta la muestra R6 (Inicio 1920, final 2010=100 años); es la medición de un solo eje. En la parte inferior se observa la gráfica sin estandarizar las mediciones del ancho de anillo (Fig. 66 y 67).



**Figura 65 Muestra R6**

*Se presenta la gráfica de mediciones sin estandarizar los datos ("en crudo"), se observan los picos de crecimiento de los anillos. Al inicio del crecimiento del árbol por naturaleza la tendencia es hacia un mayor crecimiento del árbol y conforme va envejeciendo el ancho del anillo disminuye. Para estandarizar estas mediciones se utiliza el programa Arstan.*

Fuente: Étienne Boucher, 2013



**Figura 66 Muestra C4**

*Imagen escaneada, con las mediciones por año y la gráfica de crecimiento de las estructuras, periodo de 1980 al 2011. Se observa la disminución de crecimiento en los últimos anillos del árbol.*

Fuente: Étienne Boucher, 2013

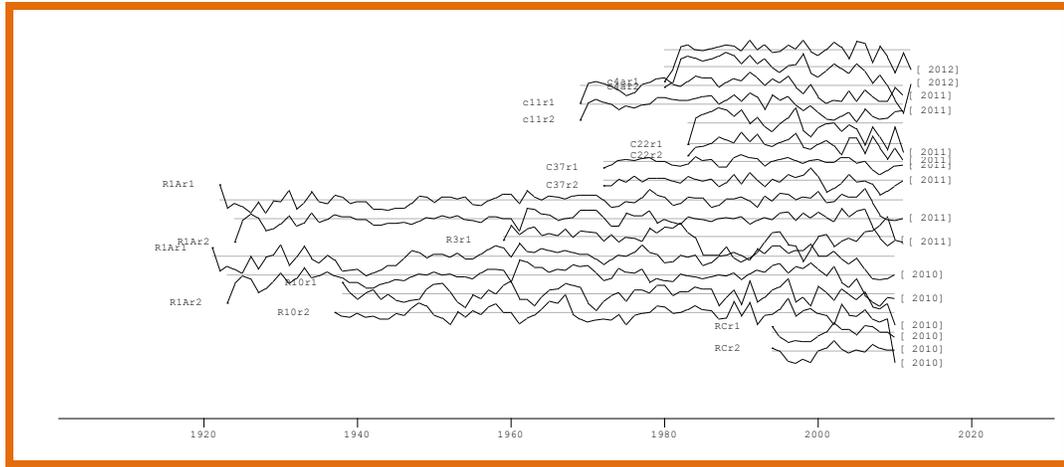
Una vez realizadas las mediciones se obtuvieron los siguientes resultados:

El programa WinDendro, permite hacer mediciones mediante un simple clic. Pero el formato que requiere es demasiado específico. La imagen requerida para el análisis debe ser de una calidad perfecta.

De las 30 imágenes enviadas solo se pudieron procesar 12 imágenes; esto debido a que la calidad de las imágenes no fue suficiente para que el programa WD, pudiera identificar y diferenciar cada anillo de crecimiento. Los estándares de calidad que requiere el programa en las imágenes es un lijado perfecto, sin ninguna deficiencia en este procedimiento.

El costo del programa es sumamente elevado y muy específico. Por lo cual la inversión en este programa puede ser poco rentable.

A continuación se presentan las mediciones del conjunto de muestras, donde se observan los patrones de crecimiento de los anillos; tanto para anillos angosto (sequias) y anillos anchos (lluvias abundantes). El periodo de estas mediciones es de 1920 al año 2012 (Grafica 9).

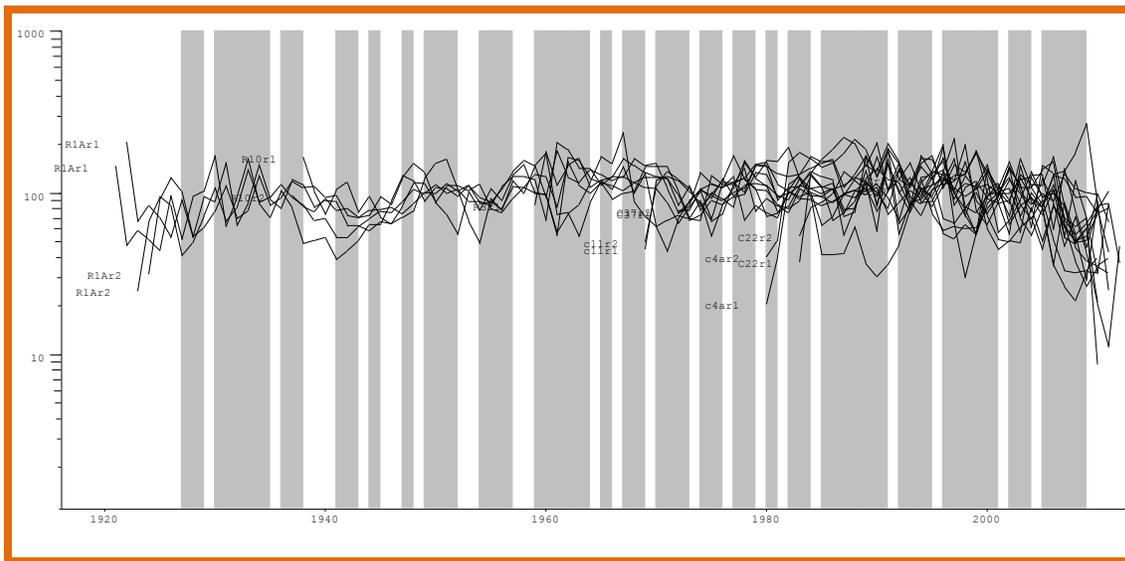


**Gráfica 9 Resultados del programa WinDendro**

En la gráfica se observan las mediciones por muestra y su clave de identificación, se observan patrones de comportamiento similares a los obtenidos por la metodología tradicional y el programa Image-Pro.

Fuente: Étienne Boucher, 2013

En la grafica 10 se aprecian los patrones de crecimiento de los anillos; podemos observar como todas las muestras mantiene un crecimiento constante; y mantienen una correlación con los datos obtenidos por la metodología tradicional. En la siguiente grafica observamos todas las mediciones sobrepuestas en la misma



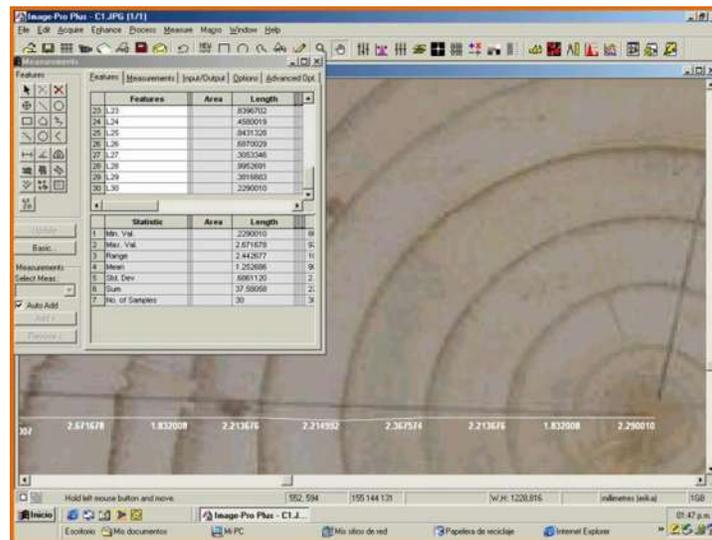
**Gráfica 10 Sobreposición de las mediciones obtenidas con WD**

Se observan diferencias en algunas muestras como son C4 y C11, debido a que las muestras son de una menor edad, y por tanto sus anillos crecen más anchos. Para el resto de las muestras los patrones de crecimiento se intercorrelacionan.

Fuente: Étienne Boucher, 2013

Para el programa Image-Pro los resultados fueron los siguientes:

Las imágenes procesada son sumamente rápidas y sencillas, basta con un zoom y un clic para hacer la medición del anillo. Las imágenes son de fácil manipulación. Mediante la estandarización de una medida de referencia se pueden realizar todas las mediciones anillo por anillo. Y estos datos se exportan en formato \*.xls, para la manipulación de la información; desde excel, se pueden realizar gráficas y manipular los datos de salida. En las siguientes imágenes se observa la pantalla de trabajo (Fig. 68):

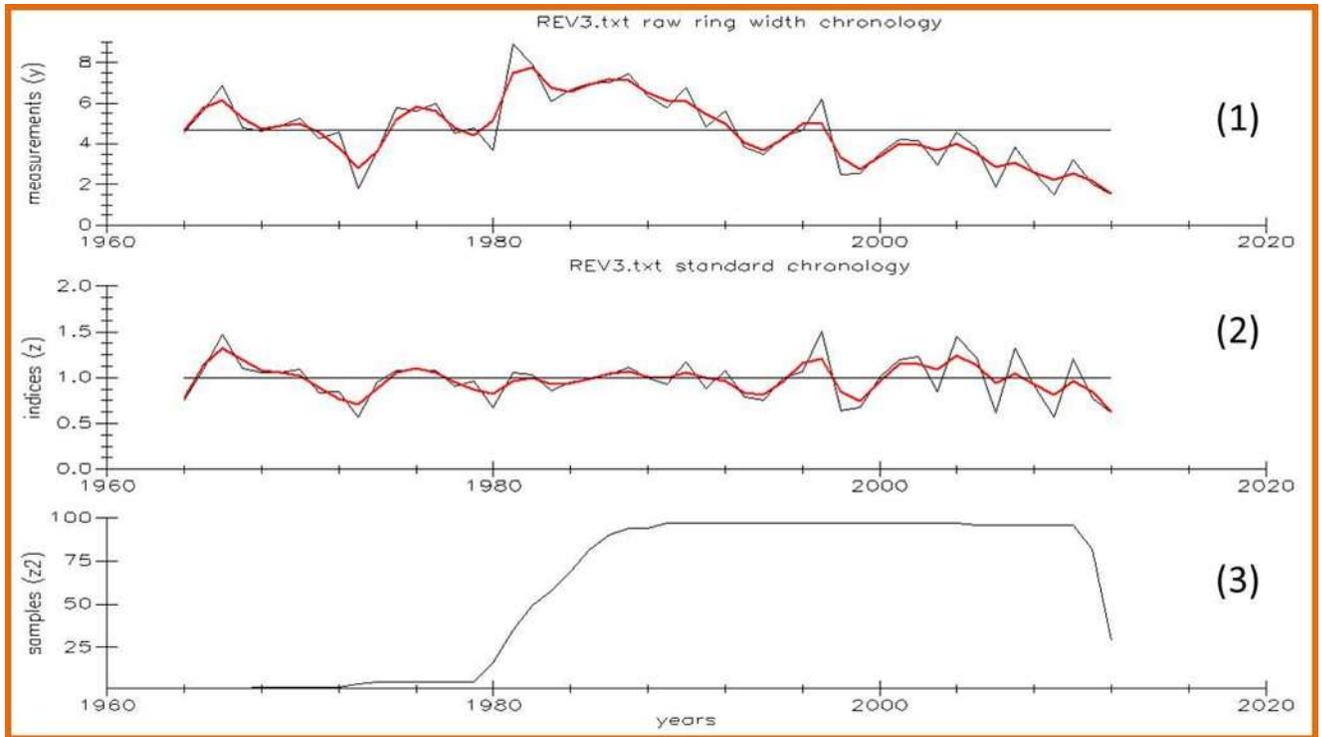


**Figura 67 Pantalla final de Image-Pro**

*Pantalla final que presenta el programa Image-Pro donde se observan claramente las estructuras de crecimiento y las mediciones de cada anillo. También presenta un recuadro de estadística básica de la serie, que no es útil para la creación de cronologías climáticas.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

Para el programa Image-Pro, se debe de hacer una transferencia de datos de \*.xls a formato \*.txt, utilizando el comando de pegado especial y verificando que los datos tengan el acomodo correcto para ser ingresados al programa de COFECHA y continuar con la metodología tradicional de Villanueva *et al.*, 2009. Se realizó el análisis de imágenes para el mismo número enviado a Canadá, y los resultados fueron los siguientes (Gráfica 11).



*Gráfica 11 Resultados del Programa Arstan, utilizando mediciones de Image-Pro*

*(1) Se observan las mediciones de los anillos sin estandarizar las mediciones, (2) Cronología estandarizada y (3) Muestras distribuidas en el tiempo.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

Los datos obtenidos en esta cronología, son casi 95% similares a los resultados obtenidos con la metodología tradicional de análisis. Se observan los años relevantes como son 1966, 1980 y 1997. Por lo cual es una aproximación muy acertada a los datos obtenidos con la medición del equipo Velmex.

## 5.5 Cronología de Incendio

Mediante la metodología de Cerano Paredes *et al.* 2008, se identificaron cicatrices de incendio y de resinación, descartando estas últimas y no fueron tomadas en cuenta para el presente análisis. Solo se localizaron 16 árboles con cicatrices de incendios. Algunos árboles ya presentaban un alto grado de descomposición pero con cicatrices claramente de incendios, por lo cual se tomaron muestras para ser datadas por radiocarbono.

Para el análisis de anillos de crecimiento se observaron las cicatrices y debido al número reducido de muestras (16 árboles), no se contó con el número de muestras apropiadas para ser analizadas en algún software. Así que solo se identificó el año de las cicatrices, en las muestras.



**Figura 68** *Árbol del género Pinus, con cicatrices de incendios recurrentes.*

*Pinus pseudostrobus*, con al menos cuatro registros de incendios; el árbol sigue en pie en la comunidad de Catingón, por lo cual no se permitió la toma en sección transversal de este árbol; se tomó una muestra para ser datada por C14, sin necesidad de cortar el ejemplar. El incendio más antiguo registrado en este árbol es del año 1883.

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012



**Figura 69 Cicatrices de incendios en diferentes muestras**

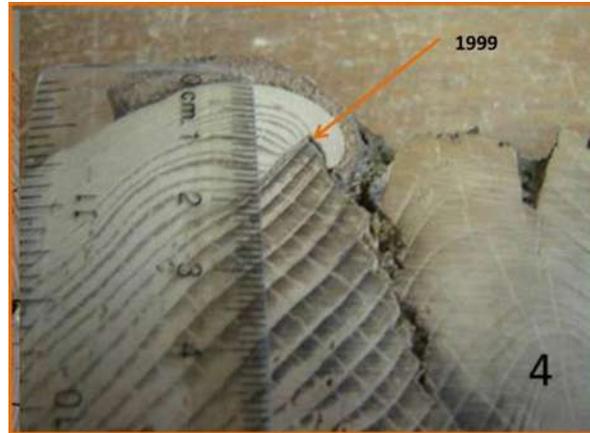
*Cicatrices en diferentes especies de árboles (1-3) Pinus pseudostobus, (2-4) ejemplares del género Pinus.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

Los resultados de la utilización de técnicas de Dendropirocronología, arrojaron la identificación de dos incendios (Fig. 70):

El primer registro es en 1942, que al parecer fue un evento local de la región, de acuerdo a la memoria histórica de los pobladores, este incendio fue de mediana intensidad, se registró en la parte norte más alta de la zona de estudio (entre el Cerro Guadalupe y Cerro Catingón). Este evento fue reconocido por los pobladores de Crescencio Morales y de El Cacique y C. Pelón en la región de Zitácuaro, el cual precedió en esta zona a uno de los eventos de aluviones más importantes de nuestra historia.

El segundo evento se identificó en el año de 1998 o 1999 (Fig. 68). Este incendio se correlaciona con los sucesos a nivel nacional. Como ya mencionó el año de 1998, fue un año extraordinario en cuanto al incremento de la temperatura y por tanto sequías. En este año se presentó el fenómeno conocido como “El Niño” que contribuyó a que en tres meses se consumieran 98 mil hectáreas en incendios forestales en todo el país (Conafor, 2013).



*Figura 70 Incendio de 1999, Cerro Catingón en Angangueo Michoacán.*

*Muestra del genero Pinus, tomado de árboles derribados ilegalmente.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

Se identificó un tercer evento para 2011. Este evento se debió a la quema controlada realizada por comuneros y personal de gobierno estatal, por causa de las afectaciones por plagas en la zona de estudios (este tipo de afectaciones se describirán en el apartado de plagas). La abundancia e intensidad de insectos perforadores, provocó que se tomaran acciones de mayor impacto como la quema de árboles, para tratar de controlar este insecto. Mismo evento que quedó registrado en las cortezas de los árboles; debido a que los muestreos para la toma de muestras, se realizaron el año siguiente de esta quema, solo se identificó por la corteza y el anillo de crecimiento siguiente (2012) aún no se completaba.

Se identificaron algunos eventos aislados es decir que se presentaron en menos de 6 muestras, por lo cual no se relacionaron, pero sí se dejaron plasmadas en las gráficas como datos adicionales. Fueron para los años 1941, 1946 y 1969. Ninguno de estos eventos se relacionan con periodos de sequías o registros en las estaciones climáticas, con escasa lluvia (sequías).

Como ya se ha mencionado, las características de la zona de estudio, son altamente impactadas por la actividad humana (tala clandestina y de consumo); se identificaron áreas con indicios de ocurrencia de incendios, pero debido a la descomposición de lo que quedaba de los árboles, se optó por realizar fechamientos por radiocarbono para complementar la cronología de incendios y extenderla en un periodo de tiempo mayor, obteniendo resultados favorables, mediante la integración de datación por anillos de crecimiento y fechamientos.

Estas muestras fueron de restos de árboles con indicios de haber sufrido incendios. Un tercer incendio fue fechado de un depósito de carbón en la parte inferior debajo de los jales de minería depositados casi a un costado de la Capilla de la Virgen de Guadalupe. Este depósito de carbón se cubrió después de las obras de saneamiento de Angangueo.



**Figura 71 Obras de saneamiento en Angangueo Michoacán**

*Se observan las obras de remediación para estabilizar el depósito de jales de minería. Del lado superior derecho se observa como después de las lluvias del 2010 quedaron al descubierto estos depósitos de carbón.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

De acuerdo a los resultados obtenidos de los fechamientos se logró identificar tres incendios más que se presentan en la siguiente tabla (Tabla 12):

ID	MÉTODO	MATERIAL PRETREATMENT	EDAD MEDIA	13C/12C	EDAD CONVENCIONAL	2 SIGMA CALIBRATION
ANG 1	Radiometric PLUS-Standard delivery	(wood): acid/alkali/acid	113.1 +/- 0.4 pMC	-24.6 o/oo	113.0 +/- 0.4 pMC	
ANG 2	Radiometric PLUS-Standard delivery	(wood): acid/alkali/acid	40 +/- 30 BP	-22.8 o/oo	80 +/- 30 BP	Cal AD 1680 to 1730 (Cal BP 260 to 220)/Cal AD 1810 to 1930 (Cal BP 140 to 20)/Cal AD Post 1950
ANG 3	Radiometric PLUS-Standard delivery	(charred material): acid/alkali/acid	130 +/- 30 BP	-25.6 o/oo	120 +/- 30 BP	Cal AD 1670 to 1780 (Cal BP 280 to 170)/Cal AD 1800 to 1940 (Cal BP 150 to 10)/Cal AD Post 1950

**Tabla 12 Resultados por datación de radiocarbono, para tres incendios en Anganguero, Michoacán, Mex.**

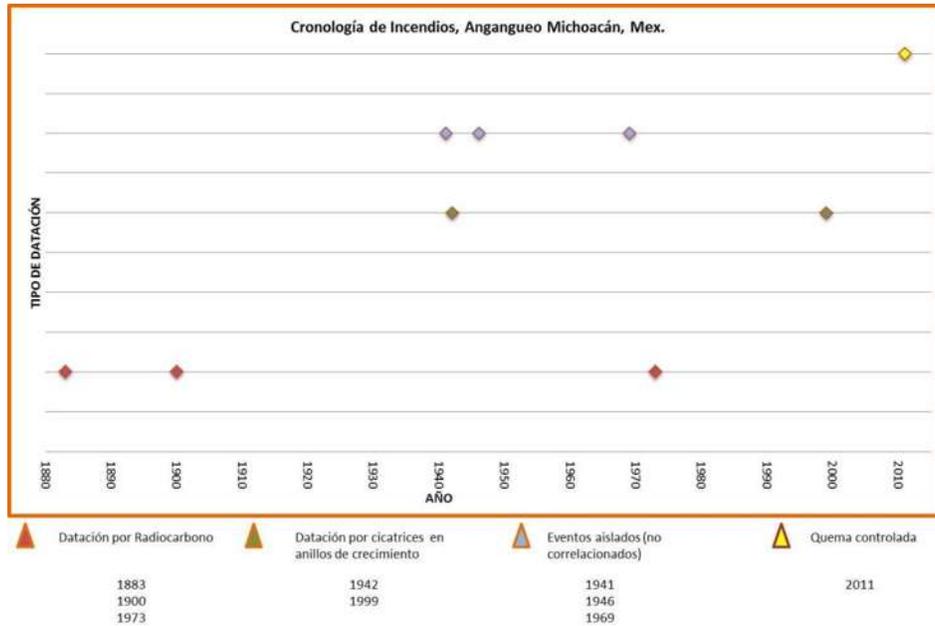
*Se observan los parámetros de calibración y métodos de datación de las muestras, estos análisis fueron realizados por los laboratorios Beta Analytic, en Miami, Florida, EE.UU*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

En los resultados obtenidos, fueron los siguientes:

1. El incendio más antiguo data de 1883
2. El Segundo incendio corresponde al año 1900
3. Y por último el incendio más joven datado mediante esta técnica es de 1973

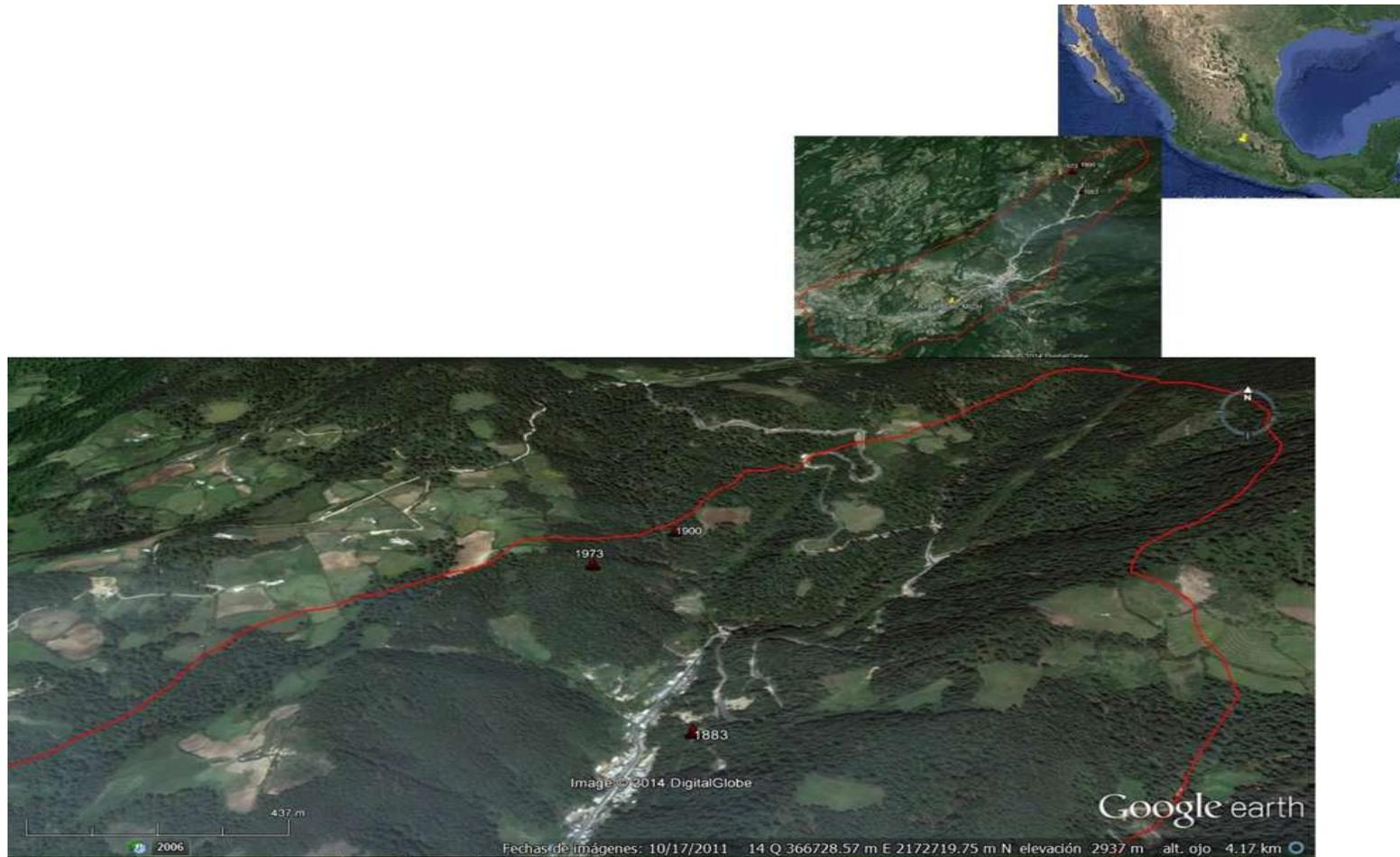
Una vez teniendo los dos tipos de dataciones se construyó la cronología de incendios (Gráfica 12).



**Gráfica 12 Cronología de Incendios de Angangueo, Michoacán México.**

Se utilizó dos técnicas de fechamiento para datar incendios. El primero mediante la datación por radiocarbono y la segunda por cicatrices en estructuras de crecimiento. Se identificaron tres eventos no correlacionados, es decir de eventos aislados (solo se registraron en dos o tres muestras).

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013



**Figura 72 Mapa de localización de los fechamientos para incendios**

*Las muestras para datación de incendios, fueron tomadas de relictos de manchones de árboles carbonizados; debido a lo degradado de la madera y su nula claridad en los anillos de crecimiento para ser datados mediante el análisis de sus estructuras de crecimiento se optó por la datación por radiocarbono que ofrece una alternativa para que estos datos sean tomados en cuenta para la realización de la cronología de incendios.*

Fuente: Google Earth, 2013

## 5.6 Registro de Deslizamientos

Existen procesos geomorfológicos que causan la perturbación en los patrones de crecimiento de los anillos de crecimiento de los árboles; como es la inclinación, heridas o enterramiento parcial del árbol, que no provocan la muerte del árbol pero si su patrón de crecimiento y desarrollo. En respuesta a estos eventos el árbol presenta mecanismos de autodefensa, con el objetivo de sobrevivir y recuperarse en lo posible de las afectaciones externas. Cuando las perturbaciones que impactan al árbol son de gran magnitud como lo es un deslizamiento o aluvión, la respuesta del árbol queda marcada como un cambio morfológico en el tronco, mediante cicatrices, como un cambio brusco en de la tasa de crecimiento (incremento). Todos estos cambios quedan registrados en los anillos de los árboles, y por tanto pueden ser datados.

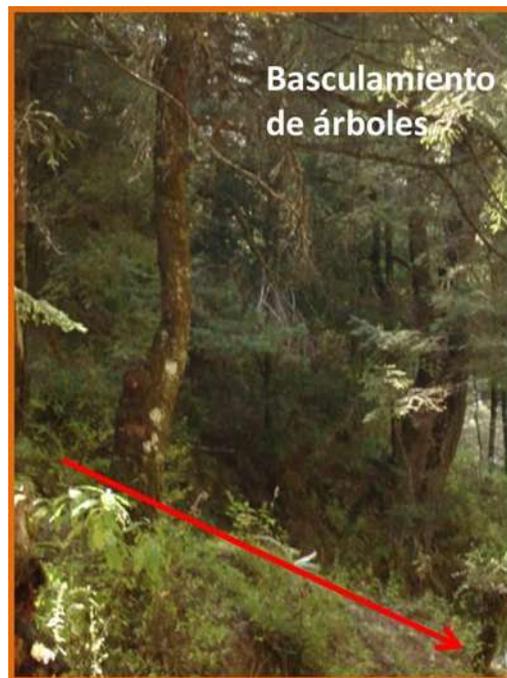
Un deslizamiento es un tipo de corrimiento o movimiento de masa de tierra, provocado por la inestabilidad de un talud. Este se ocurre cuando una gran masa de terreno se convierte en zona inestable y desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno. Cuando estos corrimientos se presentan, en zonas habitadas, por lo general provocan desastres, con afectaciones económicas, sociales y ambientales.

En diferencia un aluvión corresponde a un movimiento brusco de tierra y se caracterizan por un flujo rápido y violento de rocas, tierra y otros materiales saturados en agua. Estos ocurren cuando el agua se acumula rápidamente en el suelo a raíz de una lluvia intensa o deshielos abruptos, convirtiendo el terreno en un caudaloso río de lodo o barro (USGS). Estas corrientes fluyen rápidamente por una ladera destruyendo todo a su paso con poca o nula advertencia. Pueden extenderse varios kilómetros desde su punto de origen, aumentando considerablemente de tamaño a medida que arrastran árboles, rocas, y otros materiales que encuentra en su recorrido.

Para datar los eventos geomorfológicos en los anillos de árboles, primero se realiza el conteo de los anillos para fechar la muestra (metodología tradicional). El objetivo principal fue determinar la relación entre el proceso y la respuesta de los anillos de crecimiento. La datación va implícitamente con la identificación de las alteraciones o deformidades de los anillos.

Shoroeder (1978) introdujo un modelo conceptual definido como “*proceso-perturbación-respuesta*”, En el caso de los PGRM, los árboles presentan varias alteraciones como son:

- ❖ Inclinación o basculamiento del tronco
- ❖ Erosión de la corteza o leño del tronco
- ❖ Enterramiento parcial del árbol
- ❖ Inundación
- ❖ Destrucción



*Figura 73 Inclinación o Basculamiento del tronco*

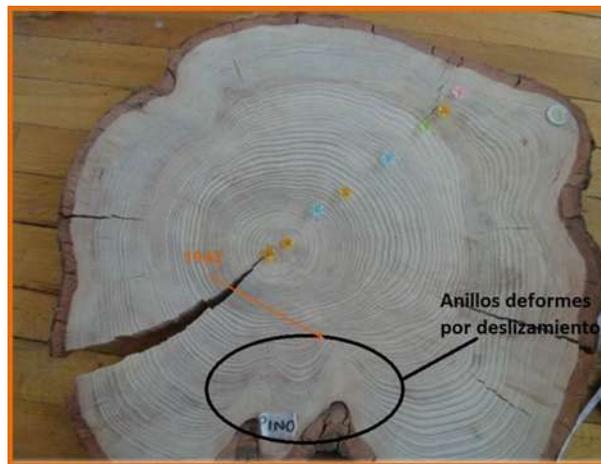
*Basculamiento de árboles en Cerro Catingón, a causa de un deslizamiento de baja-mediana intensidad en 1942*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

Y en su defensa los árboles responden a estas perturbaciones por diferentes vías:

- ❖ Cambio en la anatomía del leño
- ❖ Cambio en la tasa de crecimiento de los anillos (mayor ancho del anillo)
- ❖ Cicatrización de las heridas causadas por la erosión de la corteza
- ❖ Desarrollo de nuevas ramas (renuevos)
- ❖ Secesión (colonización o recolonización de las superficies terrestres devastadas)
- ❖ Crecimiento de la madera de reacción y excéntrico (en árboles inclinados)

Este deslizamiento (1942) se pudo fechar basado en los anillos comprimidos y deformes (Fig.75) de las muestras colectadas en el misma área (Ladera Norte, desviación camino conocido a Chincua). Solo se pudieron obtener 8 muestras con anillos deformados por eventos externos.



*Anillos deformados por un deslizamiento de 1942*

*Se observa el crecimiento anormal de los anillos de crecimientos, debido a la compresión de estos.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012



*Figura 2 Inclinación de un árbol, ocasionado por un deslizamiento local.*

*Este tocón, presenta cicatrices de un deslizamiento relativamente muy pequeño en el Cerro Catingón en 1942*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012

Existe un registro de un deslizamiento del año 1942 (Fig. 76) de afectación local. Para el año de 1942, existen registros de un aluvión de gran intensidad en la región de Mineral de Angangueo; si

bien es el presente trabajo no se encontró indicios de este evento, debemos de recordar la ocurrencia de este evento de gran magnitud y que persisten en la memoria histórica de los pobladores de mayor edad de Angangueo. Al parecer es un evento local, ya que en la memoria histórica de los pobladores hacen referencia a un evento parecido al ocurrido en 2010. Se observó que una vez ocurrido los deslizamientos del 2010, con las obras de limpieza se eliminó la mayoría de estos árboles que pudieron haber sido testigos de estos.

En el año 2010, después de los eventos climáticos y geológicos que afectaron el centro de población de Angangueo, se realizó una limpieza exhaustiva para la remoción de tierra, rocas, vegetación y demás material de arrastre (flujo de detritos), por parte de los pobladores y el Ejército Mexicano, por lo cual no se encontró la madera de esta zona, principalmente del Cerro Guadalupe y Melón. Debido a estas obras de limpieza y prevención de desastres se eliminó aquellos árboles que estuvieran inestables o “flojos”. Por lo cual en la zona donde ocurrieron los deslizamientos no existen árboles en pie que pudieran haber registrado estos eventos. Solo se encontró un par de árboles que registraron claramente este evento (Fig. 77).



**Figura 74 Pinus pseudostrobus con presencia de descamación en la corteza por causa del aluvión 2010**

*Este árbol sufrió descamación en la corteza, debido al flujo de detritos que afectaron a Angangueo en Febrero del 2010, las cicatrices alcanzan el 1.5 m de altura, este ejemplar es de los pocos árboles que quedaron en pie, después del PGRM, ya que por las labores de limpieza se eliminó gran parte de esta cobertura vegetal*

Fuente: Garduño-Mendoza, Enero 2012.



**Figura 75 Pinus sp. con cicatrices de descamación, por aluvión 2010**

*Cicatrices causado por el evento del aluvión del Cerro Melón, en Febrero del 2010 en Angangueo Michoacán; se puede identificar la dirección de ocurrencia del PGRM.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013



**Figura 76 Localización de los deslizamientos de 1942 y 2010**

*Distribución geográfica de los deslizamientos de 1942 y 2010, en Angangueo Michoacán.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

### 5.7 Registro de Plagas

Si bien la cronología de plagas no es un objetivo en el presente trabajo, durante el procesamiento de las muestras se observó la importancia de estas, en el crecimiento normal de una estructura de crecimiento y que se refleja en la cronología maestra (cronología climática), por lo cual se presentan los siguientes resultados y la descripción de las mismas.

De las 109 muestras en 61 de ellas que corresponde al 66% del total de las muestras, se encontraron cicatrices de insectos perforadores.

El primer acercamiento a la identificación de plagas se realizó en la zona de estudio, mediante las observaciones de la vegetación y las posibles alteraciones que se presentaban en los árboles, tales como decoloración o pigmentación anormal de la vegetación, olor desagradable por la pudrición de madera etc. En algunos árboles no se observan a simple vista, solo hasta que se levantaba la corteza de los árboles y se observó el interior de esta (Fig. 80).



**Figura 77** Corteza de *Pinus pseudostrubus*, Angangueo Michoacán México

*Se observa un pedazo de corteza de pino (1) del lado externo aparentemente sano y sin señales de perturbación. (2) Lado interno de la corteza con restos de madera triturada por insectos perforadores.*

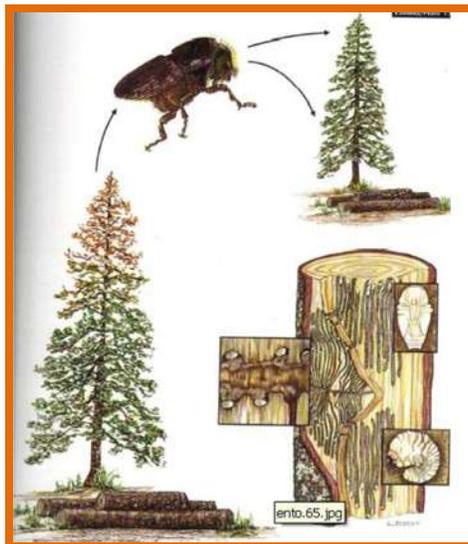
Fuente: Garduño-Mendoza, 2012

Debido a los antecedentes de la zona de estudio se observó la presencia de diferentes tipos de plagas. Por motivos de logística solo se realizaron los muestreos en temporada de invierno, donde los insectos disminuyen su población o se alojándose en otros sitios para su resguardo (no se encontraron alojados en las secciones transversales).

Se identificó el género de insecto solo por las cicatrices de estos, identificando el conocido Barrenillos del Pino (*Tomicus*, Coleópteros), que es un insecto especialista que solamente se aloja debajo de la corteza, quedando así el registro de ataque del insecto. Los insectos que se alimentan de floema y cambium constituyen el grupo más importante de los insectos forestales que atacan las coníferas. Las larvas se alimentan del cambium y del floema que están debajo de la corteza del árbol de todas las edades (Torres A., 2010).

Del orden coleóptera, la familia *Colitidae* es la más importante y en ella se incluyen los descortezadores, los cuales hacen sus galerías debajo de la corteza; los adultos son coleópteros pequeños de color oscuro con estrías en los élitros generalmente presentan una depresión en la porción terminal de los élitros. En la familia *Curculionidae* están los picudos, que tienen el aparato bucal al final de un pico. Las larvas de ambas familia son apodas y blancas. Dentro del orden lepidóptero, la familia *Sesiidae* tiene especies descortezadoras.

Conociendo la ecología de los insectos perforadores, la datación se realizó mediante el conteo simple de anillos y se puede identificar el año de afectación de la plaga, “únicamente para los insectos conocidos como barrenadores o descortezadores”, (Torres A., 2010) (Fig. 78).



**Figura 78 Cicatrices o galerías por afectación de insectos perforadores (*Scolytus mundus* Wood)**

Se observa el sitio donde se alojan este tipo de insectos.

Fuente: [angelcrostobal.blogspot.mx/2010/11/insectos-que-se-alimentan-de-floema-y.html](http://angelcrostobal.blogspot.mx/2010/11/insectos-que-se-alimentan-de-floema-y.html)



*Figura 79 Muestra con registro de cicatrices de insecto.*

Se observan los alfileres en cada cicatriz de insecto perforador, se aprecia que para los últimos años (2007-2011), se incrementó la cantidad de cicatrices, afectando el crecimiento normal de los anillos y por tanto generando una cronología inestable para los años del 2007 al 2011. *Derecha: se muestra el tamaño de las cicatrices de insectos perforadores.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2012

Después de realizar el conteo de cicatrices se identifican los siguientes periodos:

El primer año de registro de insectos perforadores corresponde a 1978; hasta 1988 que deja de haber registro de los insectos perforadores. Este periodo comprende de 1978 a 1988 donde existe el registro de esta plaga.

Durante el periodo de 1989 a 1995, no existe registro de cicatrices de plaga en ninguna muestra. No se identifica la razón por la cual en este periodo dejó de existir el registro de perforadores en los árboles; al hacer una correlación de tipo climática y ambiental no se identifican patrones de comportamiento que pudieran haber influido en la desaparición temporal de la plaga. En el año de 1995 se registran nuevamente las cicatrices de insectos, hasta el año 2011. Al realizar el análisis de las muestras se intensifica que la intensidad y frecuencia de cicatrices de insectos



**Gráfica 13 Cronología de cicatrices de plagas en árboles de Angangueo, Michoacán, Mex.**

*Se puede identificar un periodo de ausencia "relativa" de cicatrices de plagas. En la bibliografía, se reporta que las plagas comenzaron a aparecer en esta zona en 1995, pero ya desde 1978 se habían registrado.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

En la siguiente figura se presenta la localización de los sitios con mayor incidencia de plagas, cabe mencionar que esta esta principalmente en el área cercana a la población, sin que estos insectos representen un riesgo para la salud de los pobladores.



**Figura 80 Distribución de las muestras con cicatrices de plaga**

*En las áreas de color verde claro, se observan dos áreas de mayor reporte de cicatrices por plaga en los árboles muestreados. No se determina las razones de la distribución espacial de la plaga, en la zona de estudio; En la imagen se observa que los árboles cercanos al centro de población no presentan las cicatrices de insectos perforadores.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

## CAPITULO VI

### 6.- Discusión

No se conoce el año exacto de la fundación de Angangueo, pero para 1550, cuando llegaron los españoles a esta zona, ya estaba habitado por gente de la región. Para 1792 comenzó a explorarse la minería a la región y comenzó un deterioro en la zona de Angangueo, incluyendo la utilización de madera para consumo en el hogar, construcción de hogares y la madera que se utilizó en la minería (postes para túneles y vías de transporte de material). No se tiene un registro histórico de donde se extrajo esta madera, pero muy probablemente fue de la zona conurbada a lo que ahora es el centro de población.

De acuerdo a la bibliografía consultada, sabemos que en la época del Porfiriato a principios de 1900, con la construcción de las vías ferroviarias en la ruta México-Acámbaro, se requirió de grandes cantidades de madera para la materialización de este proyecto, misma que fue extraída de del municipio de Angangueo. De acuerdo a los registros histórico no describe con exactitud de que parte fue extraída la madera para los durmientes del ferrocarril, pero de acuerdo a los requerimientos de la madera que se utilizaba para este tipo de obra, la madera de los bosque de Angangueo eran idóneos para este objetivo.

A partir de 1970, comenzó a incrementarse la tala clandestina en la región de Angangueo, por parte de los llamados talamontes. Con el incremento de la población, aumenta la demanda de bienes y servicios, de acuerdo con el INEGI, 1990, aproximadamente un 75% de la casas en el centro de población de Angangueo y sus alrededores, eran construidas con madera de la región. Misma que era cortada por los mismos pobladores de la zona.

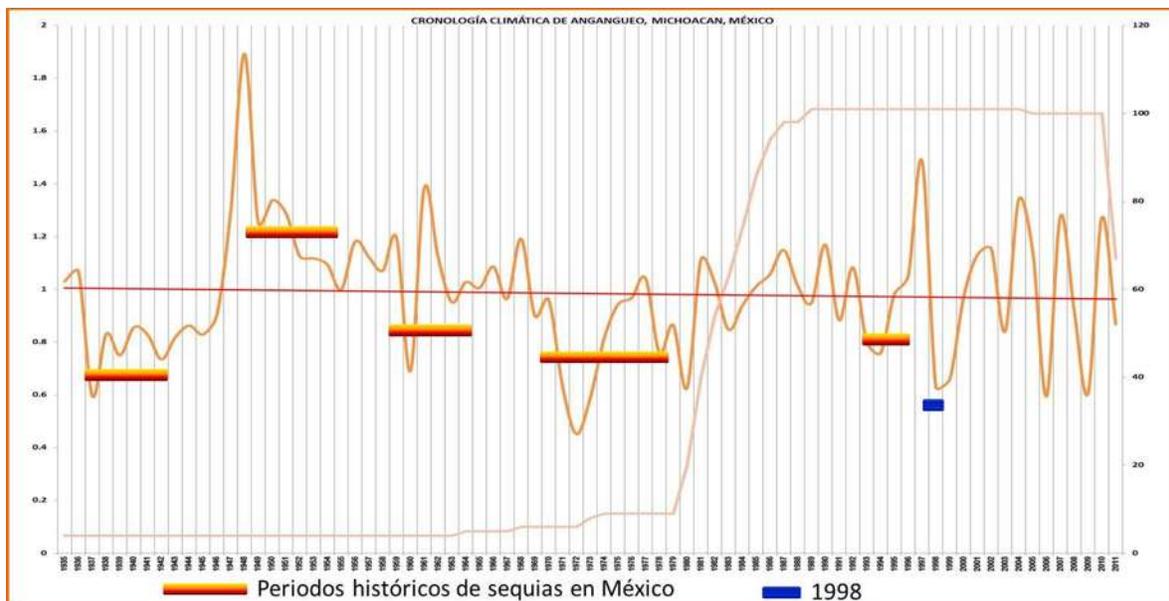
Para 1980 se comenzó a construirse una red de caminos pavimentados, brechas y terracerías como vías de comunicación; por esta razón hubo la necesidad de realizar desmontes, eliminando principalmente la cobertura vegetal y el impacto negativo que estos represento. Por lo cual el bosque ha sufrido el impacto negativo propiciado por el hombre; influyendo en los eventos geológicos y ambientales que no han permitido el crecimiento y desarrollo de árboles de una mayor

edad. Teniendo solo una muestra longeva de 1897, seguido de muestras que datan de 1902 y 1935.

El 90% de las muestras utilizadas fueron secciones transversales, lo que nos permitió eliminar los errores de anillos falsos, ausentes o dobles, dando una certeza mayor a la cronología desarrollada; mientras que en las virutas siempre estará un rango de error presente.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las estaciones climáticas, se presentan variaciones en los datos registrados y en la cronología maestra desarrollada. Estas variaciones nos pueden ser útiles para describir el clima de la región, pero no el microclima de la zona de estudio. Los años de mayor lluvia registradas en las E.C. son 1958, 1967, 1983, 1990, 1992 y 2004. En cuanto a los años con menor cantidad de lluvia fueron 1932, 1950, 1957, 1961, 1972 1975, 1982 y 2001.

Si relacionamos los datos obtenidos de la cronología maestra y los periodos de sequias podemos establecer una relación temporal en la ocurrencia de los incendios, que se presenta en la siguiente gráfica:



**Gráfica 14 Cronología de climática con periodos de sequias**

*En la gráfica se observan los periodos de sequías y años húmedos; se incluye el año 1998 como un año excepcional (Fenómeno del Niño). Si bien el fenómeno del niño y la niña no se presentan con una periodicidad establecida, el evento mayormente marcado en esta cronología es para el año de 1998.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

En la gráfica anterior podemos observar los eventos de sequías históricos registrados en México.

De acuerdo a los registros históricos del CENAPRED en México para los últimos 100 años, se registraron cuatro periodos de sequías (Reyes, 1996):

El periodo de 1948 a 1954: representó un año con afectaciones mayores para el norte de México. Que tuvo efectos económicos y sociales como desabasto en las Presas de Necaxa, La Copa y perdidas en cultivos, principalmente de algodón con 250,000 ha. perdidas.

De 1960 a 1964 el periodo de sequías representó afectaciones para el Norte y Centro del País. Para el estado de Michoacán significo una pérdida de ganado en los municipios de Apatzingán, Huetamo y Arteaga. Lo que creó un alza en los productos de la canasta básica (maíz, frijol, cebada etc).

En 1970 a 1978, fue un periodo de sequías donde las afectaciones fueron a nivel nacional, con el 70% de las cosechas perdidas, por la falta de agua. El año de mayor agudeza fue 1977, cuando la crisis se agudiza por las fuertes pérdidas de cultivos y la muerte de 24 niños por deshidratación y los incendios forestales se reportaron en todo el país.

Para 1993 a 1996 una vez más el Norte del país se ve afectado por la falta de agua para ganado y cultivos.

El primer pico relevante se identificado en la grafica (14), es en el año 1937, que corresponde a la sequia conocida como Dust Bowl o Tazón del Polvo, que se registro de 1907 a 1935 reportados por García y Hernández (1988) para México y por Nívar (2008) para el norte de México.

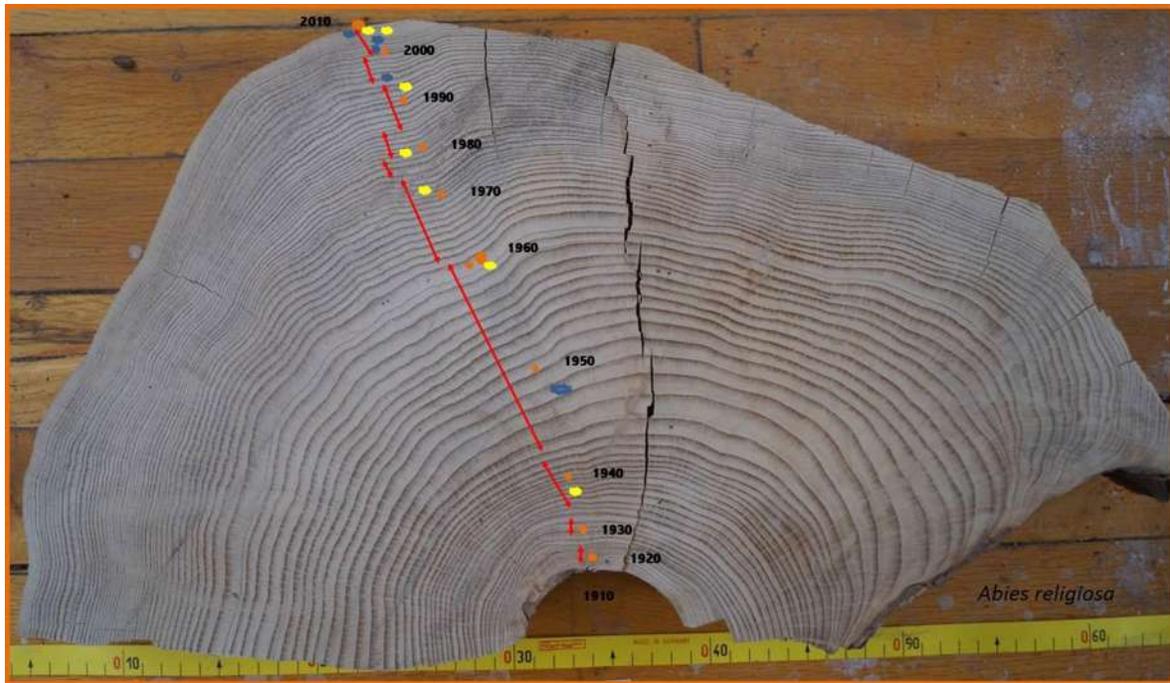
Si bien en la cronología obtenida se identifica hasta el año 1937, esto se debe a que no existen muestras suficientes para hacer una interpolacion de datos, (los árboles más longevos son de 1897, 1902 y 1935). Realizando este razonamiento se puede observar que este evento de sequia global, también se expresó en los árboles de Angangueo, con un poco crecimiento en sus anillos. Para este periodo en Mexico los censos agrícolas reportaron una pérdida total de 1.2 M ha, 17%

del área cultivada, con la mayoría de las pérdidas registradas en los estados de Nuevo León (40%) y San Luis Potosí (50%); (Liverman, 1995).

En los años 1947 fue un año con un registro alto de lluvias pero para el año 1948, se presentó una gran sequía que se prolongó hasta 1954. En el periodo de 1948 a 1954 también se identifica un periodo de sequía; pero para el año 1950-1951 se presentaron lluvias "*atípicas*", que favoreció las condiciones ambientales para el crecimiento de los árboles. De 1959 a 1964 se presentó otro periodo de sequías que representó pérdidas económicas para Michoacán, principalmente en los municipios de Apatzingan, Huetamo y Artega.

De los años 1960 a 1964 se describe un periodo de poca lluvia; afectando principalmente al Norte de México, con afectaciones en la ganadería y agricultura. Se registran cambios bruscos en la temperatura, la muerte de 81 personas en Monterrey debido a esto. En el periodo de 1970 a 1978, la falta de agua de agua provoca severos incendios forestales en todo el país. Para Angangueo se identificó un incendio en 1973, mediante el análisis de anillos de crecimiento.

Después se presenta un periodo relativamente de recuperación en el crecimiento de los anillos de los árboles; esto representó periodos de lluvias y de recuperación en el almacenamiento de agua en las presas del país. Por último se presenta un periodo de estiaje de 1993 a 1996, que nuevamente representa pérdidas económicas en los sectores productivos primarios. Ocasionalmente elevar los precios de la canasta básica. En la gráfica podemos observar un pico relevante en 1998, mismo año en que se tienen registros de que fue el año más caluroso, que representó sequías, ondas de calor e incendios forestales en casi todo el país. Por ejemplo para la ciudad de México, esto representó registrar la temperatura más alta en toda su historia con 34.5°C, rebasando por más de 1°C la máxima histórica. El 1998 año de gran impacto ambiental.



Años extraordinariamente lluviosos



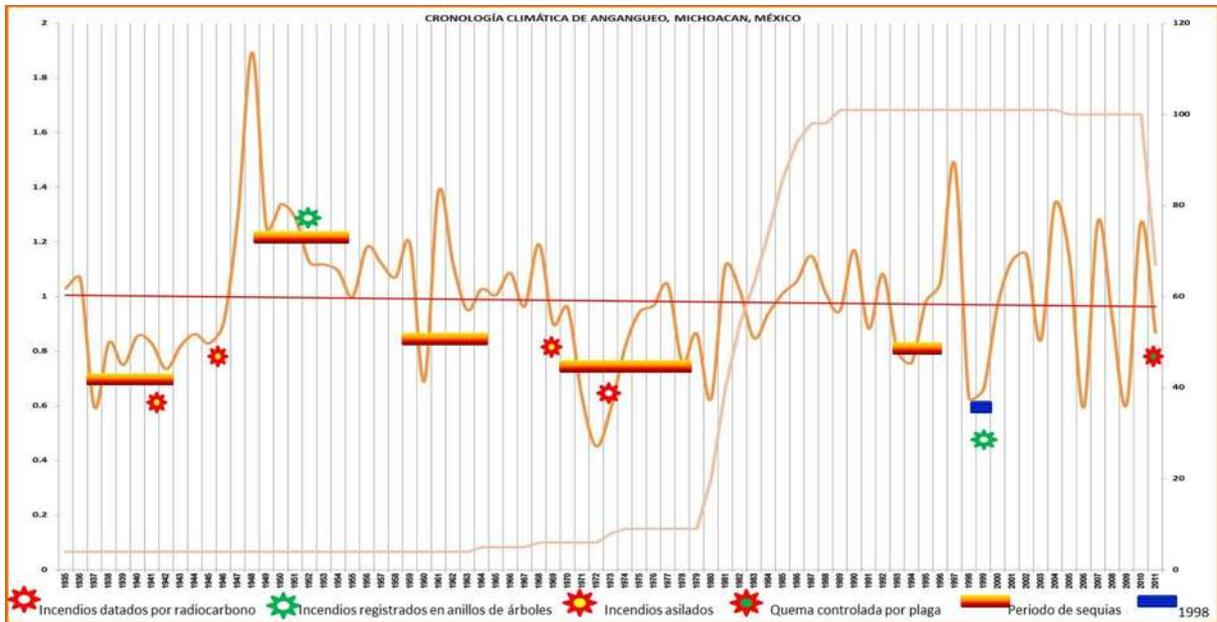
Años extraordinariamente secos

**Figura 81 Años extraordinarios de lluvias y sequías, *Abies religiosa***

*Sección transversal de *Abies religiosa*, donde se identifican los periodos máximos y mínimos de crecimiento de los anillos de árboles; cabe señalar que un anillo puede presentar variaciones respecto a todo el conjunto de muestras medidos y datados.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

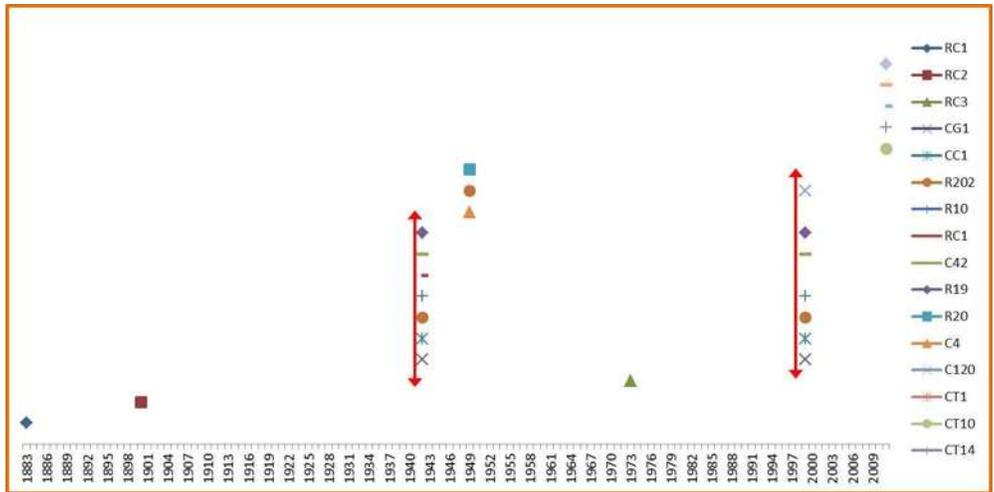
Para definir una escala temporal de los periodos húmedos y de sequías, se graficaron los periodos de sequías y los incendios registrados en la zona de estudio, incluyendo el tipo de datación realizada en las muestras (Gráfica 15).



*Gráfica 15 Cronología de sequías e incendios en Angangueo Michoacán, México.*

En la gráfica anterior podemos observar como los incendios se han presentado durante periodos de sequías, si bien en el presente trabajo no se identificaron las causas de estos si podemos deducir que en su mayoría fueron por causa del hombre, ya que de acuerdo a las estadísticas de CONAFOR, el 98% de los incendios son provocados por actividades del hombre. Y el resto (2%) por causas naturales.

Para definir la cronología de incendios en anillos de crecimiento, se construyó una gráfica incluyendo todos los fechamientos de los mismos, que incluye la identificación de la muestra, como se presenta a continuación:

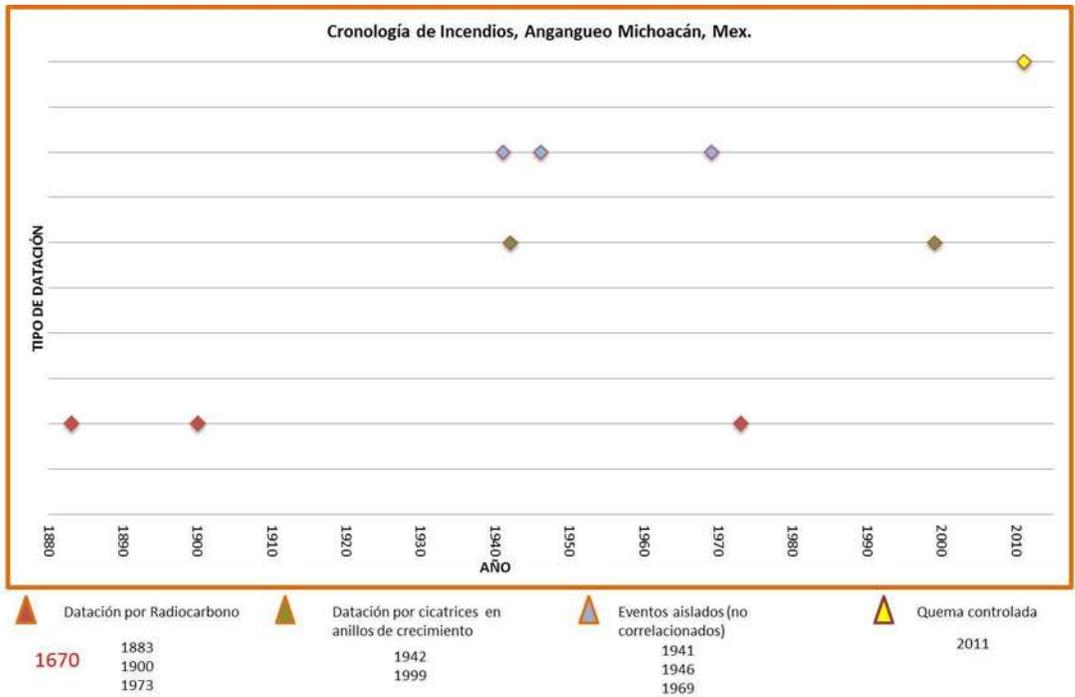


**Gráfica 16** Identificación de incendios y muestras

Se presenta la clave de identificación de muestras y los registros de incendios encontrados en la zona de estudio, esto mediante la utilización de cicatrices de incendios en anillos de crecimiento de los árboles

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

En la siguiente grafica (16) se presenta la cronología completa de incendios:

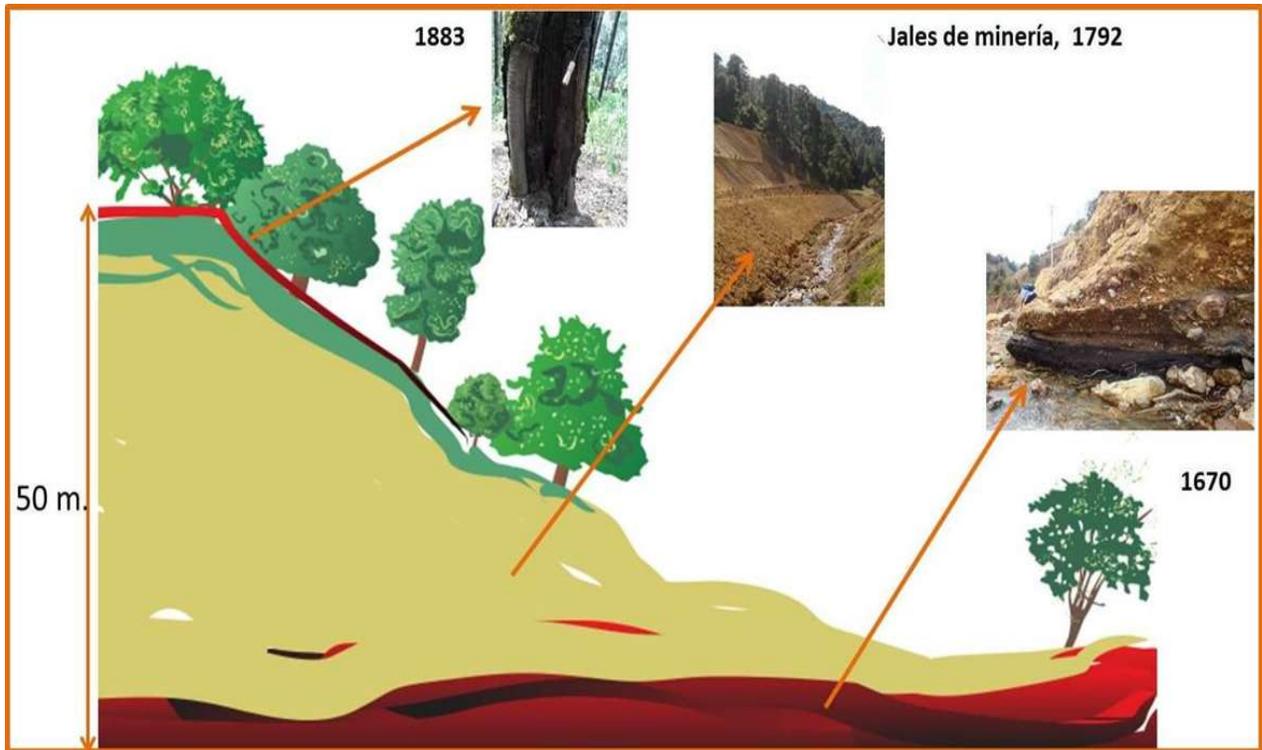


**Gráfica 17** Cronología de incendios de Angangueo Michoacán,

Se incluyen los diferentes tipos de datación utilizados; mediante la integración de metodologías, se logró desarrollar una cronología extensiva, teniendo el primer registro en 1670, seguido de 1883 y 1900 y 1973 esto con  $C^{14}$ ; posteriormente se identificó en anillos de crecimiento 1942 y 1999. Se observaron algunos eventos aislados también con anillos de crecimiento en 1941 (este incendio puede haber sido el mismo de 1942, pero por la degradación de la muestra fue confusa su identificación), 1946, 1969. El incendio de 2011, fue quema controlada debido a la presencia de plagas.

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

Para la reconstrucción del régimen de incendios se tomaron las dataciones de C14, obteniendo una reconstrucción del cerro Melón. Durante los eventos del 2010 quedó al descubierto un depósito de carbón que fue fechado en 1670, antes del comienzo de la explotación minera. Después fueron depositados los jales de minería a partir de 1792. Durante un periodo de tiempo considerable (más de 90 años), se presentó otro incendio del lado derecho de los jales (vista norte a sur), que fue fechado para 1883, (Fig. 84).



*Figura 82 Incendios registrados en Angangueo Michoacán,*

*Se localizaron dos incendios específicamente en el Cerro Melón, el primero en 1670, por debajo de los jales de mina, posteriormente Localizados bajo los jales de minería,*

Fuente: Garduño-Mendoza, 20

El evento de 1883, coincide (en fecha) con un evento global, la erupción del volcán Krakatoa, (localizado en el estrecho de Sonda, entre Java y Sumatra) en mayo de 1883 comenzó una serie de erupciones que continuaron hasta el 27 de agosto de ese mismo año, cuando una explosión cataclísmica voló la isla en pedazos; cuatro enormes explosiones ocurrieron a las 5:30, 6:42, 8:20, y 10:02. La peor y la más ruidosa de estas fue la última explosión. Cada una fue acompañada por tsunamis de gran magnitud. Una gran área del estrecho de la Sonda y varios lugares en la costa de Sumatra fueron afectados por flujos piroclásticos del volcán, haciendo hervir el agua

cercana a la isla. Las explosiones fueron tan violentas que se oyeron a 2.200 millas (3.500 kilómetros), incluso en Australia y la isla de Rodríguez cerca de Mauricio, a 4.800 kilómetros de distancia. El estruendo de la destrucción de Krakatoa se cree que es el sonido más alto registrado en la historia, alcanzando los niveles de 180 dB (SPL) a una distancia de 160 kilómetros (100 millas). Se dice que marineros que se encontraban a 40 km. a la redonda quedaron sordos del estruendo. La ceniza fue propulsada a una altura de 80 kilómetros (50 millas). Las erupciones disminuyeron rápidamente después de aquel punto, y antes de la mañana del 28 de agosto Krakatoa estaba tranquilo. Si bien no se cuenta con información adicional que pueda establecer las relaciones de la erupción volcánica y el incendio de Angangueo, muy probablemente, debido a la intensidad de esta erupción se presentaron nubes de ceniza, con probable afectación a nivel mundial (Bagley, 2013).

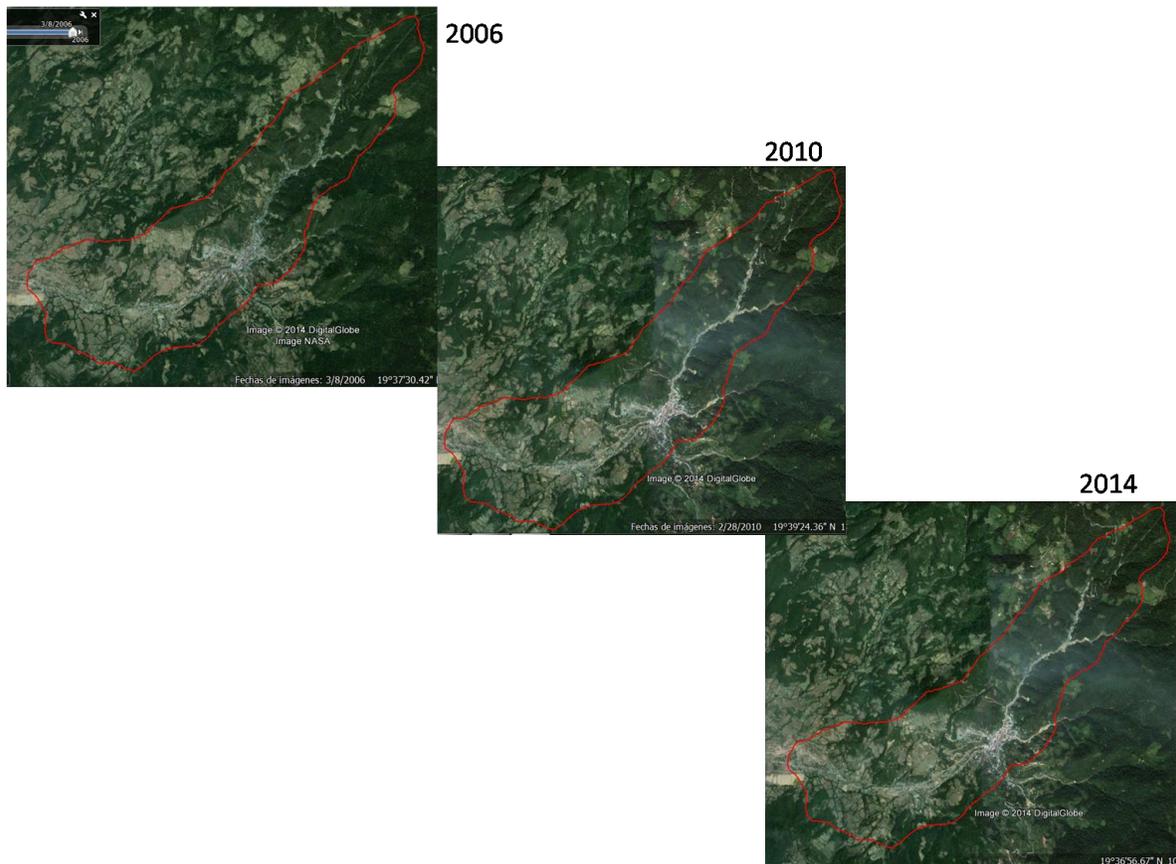
En la siguiente figura se presenta la localización geográfica de todos los eventos registrados en la zona conurbada de Mineral de Angangueo, donde la mayoría de los eventos se han presentado en la zona alta de la delimitación del área. Desde la colonia Catingón, Guadalupe y Angangueo. Sugerimos que esta distribución espacial de eventos registrados en la zona alta, se debe a que en esta área aún se encuentra sin casas habitadas. Es decir la mancha urbana aun no afecta esta zona; mientras que en las áreas pobladas ya se perdió el registro de algunos eventos por causa de la construcción de casas u obras de infraestructura.

En materia de deslizamiento desafortunadamente no existen rastros de la madera de arrastre de los eventos del 2010. del Cerro Guadalupe y Cerro Melon del 2010, no se encontró madera de arrastre o en pie que pudiera ser utilizada para análisis; debido a las labores de limpieza que se hicieron a raíz de estos eventos, por parte del ejercito mexicano y pobladores de la región.

Desafortunadamente, no se pueden definir las causas que originaron los diferentes incendios que afectaron esta región, pero si podemos observar que se han presentado de manera recurrente.

Las condiciones climáticas, como el aumento de la temperatura, es un factor favorable para la propagación de las diversas especies de plagas; esto debido a que de acuerdo a la fisiología de los insectos, las temperaturas relativamente calidas, favorecen su crecimiento y reproducción.

Es inegable la tala clandestina e inmodera que se hace en la region, durante las diferentes salida a campo, se observó como la tala ya sea por control de plagas o por tala clandestina, se veia en constante movimiento; a cualquier hora del día y noche, se pueden observar los camiones completamente llenos de árboles talados, bajo el pretexto de control de plagas se hace un constante derribo de árboles.



**Figura 3 Imágenes históricas de Mineral de Angangueo.**

Google Earth de los años 2006, 2010 y 2014, donde se observan diferencias en la cobertura de la vegetación. Se observa que en el 2006 hay una pérdida de la vegetación del lado izquierdo del

deslizamiento de Cerro Guadalupe.

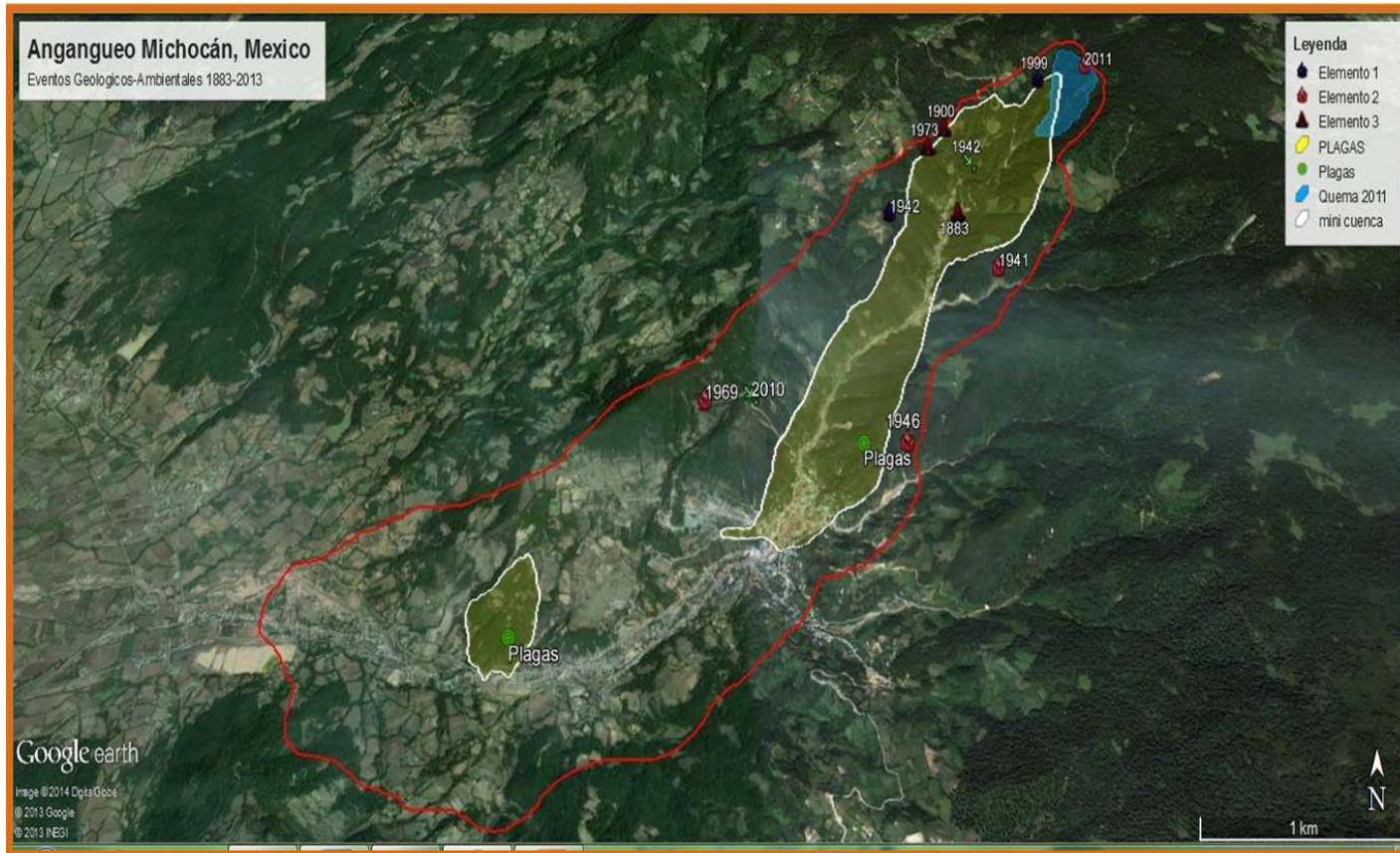
Fuente: Google Earth, 2014.

En los últimos años de análisis de las muestras (del 2007-2011) se observa como el incremento de las plagas ha impactado de manera negativa el crecimiento de los anillos de los árboles, presentando irregularidades en su formación y crecimiento.

Se propone realizar una mayor investigación en cuanto a los incendios que se han registrados en la zona de estudio; esto debido a que la edad del bosque no corresponde a la edad que debería

tener un bosque con las características de este. Como se observo en la cronología climática los incendios se relacionan con los periodos de sequias; pero se logra identificar que la región de Angangueo, frecuentemente ha estado expuesta a sufrir alteraciones climáticas, geológicas y ambientales que con los años y la expansión de la zona urbana, se torna más peligrosa para la población, volviéndose susceptibles a un impacto negativo.

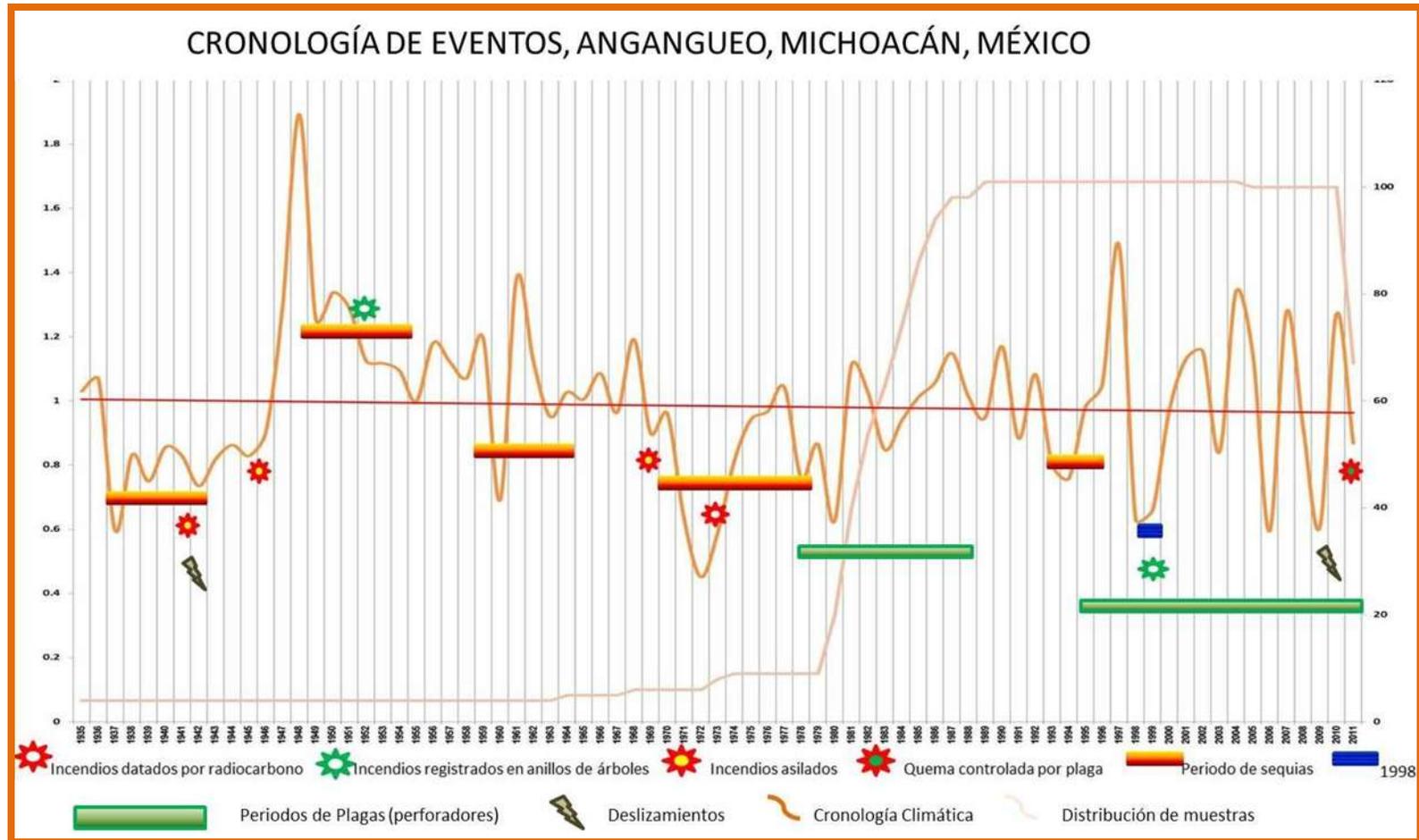
Al integrar todos los eventos espacialmente, se obtuvo la figura 85, donde se observa la distribución espacial de los eventos (Incendios, periodos de sequias y deslizamientos), la mayoría de estos eventos se presentan en la zona alta del área de estudio, probablemente por la ausencia de asentamientos humanos. La cronología final de este trabajo de investigación son resulta al sobreponer todos los eventos en la cronología climática maestra (Grafica 18), donde se observa temporalmente la ocurrencia de estos eventos y su relación con el clima (lluvias-secas) registrado en el área de estudios.



*Figura 83 Distribución espacial de los eventos datados*

*Los eventos registrados en Angangueo se han presentado en las partes alta de la zona; las plagas se distribuyen de manera homogénea, principalmente cercanas a las zonas pobladas; se observa del lado izquierdo de la imagen, el alto grado de pérdida de cobertura vegetal, por cambio de uso de suelo, en la zona de estudio.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013



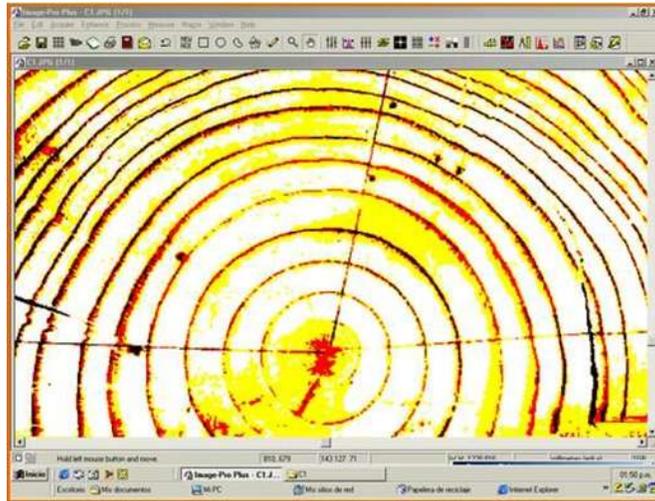
*Gráfica 18 Cronología de eventos excepcionales en Mineral de Angangueo, Michoacán, México*

*Se identifican los eventos excepcionales como son incendios, periodos de sequías y plagas en la cronología climática, Se observa que el patrón de comportamiento de las plagas no obedece al clima, debiendo existir otras causas no identificadas en el presente trabajo. Una observación adicional es que los picos más elevados ocurrieron en 1948 y 1997, por lo cual son eventos posiblemente recurrentes.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

En cuanto a los resultados obtenidos del comparativo de los programas de medición podemos puntualizar algunas observaciones:

El programa Image Pro, permite una manipulación de colores, de la imagen permitiendo así maximizar los anillos de crecimiento (Fig. 86 y 87).



*Figura 84 Imagen en infrarrojo para la medición de estructuras de crecimiento*

*La manipulación de colores facilita la medición de cada una de las estructuras de crecimiento.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013



*Figura 85 Diversas tonalidades de color que ofrece el programa Image-Pro*

*La tonalidad de la imagen en análisis se puede modificar para la mejor observación de estructuras de crecimiento de los árboles.*

Fuente: Garduño-Mendoza, 2013

En la siguiente tabla se observan las ventajas y desventajas de los dos programas y después se presentan las conclusiones generales de esta comparación.

PROGRAMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Win-Dendro	*Programa especializado con todos los comandos requeridos para la creación de cronologías climáticas	*Programa sumamente costoso *Programa especializado que no se puede utilizar con otro objetivo *No acepta imágenes con baja resolución
Image-Pro	*Fácil instalación, mantenimiento y ejecución *Costo del programa accesible *Acepta imágenes en diversos formatos y de baja resolución *Facilidad en la manipulación de colores de las imágenes *Se pueden analizar imágenes rodajas de árboles de dimensiones mayores sin necesidad de seccionar las muestras	* Archivos de salida solo en Excel *Datos en un formato no compatible con COFECHA y estos se tienen que acomodar manualmente en *.txt, siendo un proceso largo

**Tabla 13 Análisis de las ventajas y desventajas de WinDendro y Image-Pro.**

*En esta tabla se resumen, el análisis de los dos programas para el procesamiento de la información de las secciones transversales.*

El procesamiento de imágenes en este programa facilita la medición de los anillos de crecimiento; mientras que el acomodo de la información en el archivo de \*.txt, es lento y confuso; siendo este la única deficiencia del procesamiento de la información.

El programa Image-Pro ofrece una alternativa en el procesamiento de las muestras en sección transversal, principalmente en aquellas, que son de un diámetro mayor a 60 cm. y si no se cuenta con el equipo especial para el procesamiento de este tipo de muestras.

El programa Image-Pro, presenta una ventaja en cuanto al costo económico del programa y WD; por lo que WD es un programa sumamente especialista en el análisis de anillos de crecimiento de los árboles.

Una desventaja del uso de Image-Pro, es que los datos de salida están en formato \*.xls y son requeridos en formato \*.txt, por lo cual este procedimiento puede ser tardado y laborioso, pudiendo cometer algún error en la manipulación y acomodo de los datos.

## 7.- Conclusiones

1. El presente trabajo de investigación es el primer estudio de su tipo, donde se utilizan diferentes herramientas para la construcción de cronologías climáticas (periodos de sequias-lluvias), de incendios y plagas. Si bien para los deslizamientos y aluviones solo se identificó un evento pasado y el reciente del 2010, se fecho la ocurrencia del primero.
2. Este trabajo de investigación se generaron las diferentes cronologías, utilizando tres diferentes especies de coníferas; sin observar diferencias significativas en la anatomía de los anillos. Las únicas diferencias observadas fue en el color de la madera (más clara en los *Pinus* que en *Abies*) y en la dureza de la misma.
3. La integración de metodologías, ofreció una oportunidad para obtener una mayor cantidad de datos y poder obtener resultados interdisciplinarios; mediante la propuesta de utilización de una metodología alterna a la tradicional, se presenta una manera de procesamiento de muestras, como fue el programa Image-Pro, favorece la medición de muestras en sección transversal de un diámetro mayor a 60 cm.
4. Los géneros utilizados de *Pinus* y *Abies*, son especies bondadosas para el conteo de sus estructuras de crecimiento; debido a sus características similares en la madera, se pueden utilizar en conjunto para la generación de cronologías climáticas. Por lo cual en la información obtenida, podemos ver que los anillos de crecimiento de los árboles son testigos fieles de las condiciones ambientales registradas en el tiempo, que pueden ser datados y descritos.
5. Las secciones transversales presentan una mayor calidad en el desarrollo de las cronologías, en comparación de las virutas. Con la realización de los Skeletos se tiene la certeza del primer y último año de crecimiento de la muestra.
6. Las estructuras de crecimiento de las especies encontradas de árboles, presentan una alta sensibilidad a los cambios climáticos; en la zona de estudio se observaron los diferentes

periodos climáticos para sequias y periodos húmedos, que coinciden con los periodos históricos registrados en la bibliografía consultada.

7. Las técnicas de análisis de anillos de crecimiento de los árboles, aportan información relevante de la historia climática-geológica-ambiental de zonas con vegetación principalmente de coníferas, permitiendo establecer patrones de comportamiento de eventos excepcionales.
8. El registro de las estaciones climáticas, nos indica el microclima de la zona. Esto nos permitió establecer las relaciones climáticas a nivel nacional y regional (eventos locales).
9. Realizar una integración de metodologías como Dendrocronología y Dataciones por C14, nos permitió establecer una cronología de incendios más completa (1670 mega incendio y de 1883 al 2010), observando los patrones de comportamiento de incendios, si bien a partir de 1900, el 98% de los incendios son causados por el hombre, aún hay un 2% que son provocados por causas naturales.
10. Podemos ver que la tendencia general de los periodos de sequía es en aumento, aunque solo será para un periodo relativamente corto. El incremento de la temperatura también es resultando de este factor o a la inversa.
11. La presencia de plagas en la zona de estudio, representa una afectación en la generación de cronologías climáticas utilizando la dendrocronología, debido a que los insectos perforadores deforman los anillos de crecimiento de los árboles.
12. Se recomienda realizar mayor investigación en el área de estudio, para madera tardía, donde se podrían identificar periodos de lluvias en temporadas fuera de lo normal (por ejemplo primavera) o posibles aluviones.
13. Con todo lo anterior se concluye que la hipótesis planteada al inicio de este trabajo de investigación si se cumple; ya que se ha realizado un reconstrucción de eventos excepcionales para Mineral de Anganguero.

## Anexos

### Referencias bibliográficas

- Cartas de climas. México, esc. 1:5, 000,000, Hoja México, 14q-V.
  
- [Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible](#) Naciones Unidas. (2002)  
[http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD\\_POI\\_PD/Spanish/WSSDsp\\_PD.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/Spanish/WSSDsp_PD.htm).
  
- Diccionario Ecológico, 2010, <http://www.ambiente-ecologico.com/revist48/diccio48.htm>
  
- En Cambio Climático, México a la vanguardia; Revista Vértigo; Año XII, No. 577; 8 de Abril del 2012.
  
- Enciclopedia de los Municipios de México, [http://www.local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ELOC\\_Enciclopedia](http://www.local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ELOC_Enciclopedia)
  
- Ficha Técnica *Abies religiosa*, PRONARE SEMARNAP. México D.F.
  
- Glosario Consumo Responsable, <http://www.dolceta.eu/espana/Mod4/spip.php?article204>  
(Consultado Marzo 2011)
  
- Glosario de Términos Ambientales  
<http://www.crq.gov.co/Documentos/GLOSARIOAMBIENTAL/GLOSARIO20AMBIENAL.pdf>
  
- Guide for MeasureJ2X, Voortch, 2007.  
<http://www.voortech.com/projectj2x/tringSubscribeV2.html>
  
- Historia Universal; 2010; en línea: [www.historialuniversal.com/2010/09/revolucion-industrial.html](http://www.historialuniversal.com/2010/09/revolucion-industrial.html)
  
- [Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo \(Comisión Brundtland\): Nuestro Futuro Común](#) ONU (11/12/1987).
  
- [Kyoto Protocol: Status of Ratification](#). Organización de las Naciones Unidas. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (14 de enero de 2009).
  
- Términos y definiciones, El Programa de Evaluación de Recursos Forestales, FAO, Roma, 2000. <http://www.fao.org/docrep/007/ae217s/ae217s00.htm#TopOfPag>
  
- Una verdad incómoda, trad. de Rafael González del Solar, Barcelona, Al Gore, Gedisa, 2007.

- Álvarez, A. 2006, .Sobre la evaluación de riesgo de desastres naturales y vulnerabilidad de la comunidad utilizando sistemas de información geográficos. Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, 5(2): 101-103.
- Ángel Torres, Entomología Forestal, 2010 <http://angelcrostobal.blogspot.mx/2010/11/insectos-que-se-alimentan-de-floema-y.html>
- Arreola Ortiz, María Rafaela y Navar-Chaidez, José de Jesús. (2010). Análisis de sequías y productividad con cronologías de *Pseudotsugamenziesii* Rob. & Fern., y su asociación con El Niño en el nordeste de México. Invest. Geog., 71, 7-20.
- Arreola-Ortiz, María Rafaela, González-Elizondo, Martha, & Návar-Cháidez, José de Jesús. (2010). Dendrocronología de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco de la Sierra Madre Oriental en Nuevo León, México. *Madera y bosques*, 16(1), 71-84. Recuperado en 23 de enero de 2014, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712010000100005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712010000100005&lng=es&tlng=es)
- Arroz, S., Stoffel, M., Turowski, JM, Wolf, A. (2012). Regímenes de perturbación en la interfase de la geomorfología y la ecología Procesos de la superficie terrestre y geformas 37: 1678-1682.
- Ballesteros Cánovas, JA, Stoffel, M., Bodoque del Pozo, JM, Bollschweiler, M., Hitz, OM, Díez-Herrero, A. (2010): Los cambios en la anatomía de la madera de los anillos de árboles de *Pinus pinaster* Ait. tras heridas por inundaciones repentinas. *Tree-Ring Investigación* 66: 93-103.
- Ballesteros Cánovas, JA, Stoffel, M., Bollschweiler, M., Bodoque del Pozo, JM, Díez-Herrero, A. (2010): Flash impactos de las inundaciones causan cambios en la anatomía de la madera de *Alnus glutinosa* , *Fraxinus angustifolia* y *Quercus pyrenaica* . *Árbol Fisiología* 30: 773-781.
- Blaikie P. y Cannon T. 1996. Vulnerabilidad el entorno, social y económico de los desastres. 1ra, ed, La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina pp. 292.

- Bollsweiler M., M. Stoffel, M. Ehmsich, Monbaron M. (2007): La reconstrucción de patrones espacio-temporales de la actividad de flujo de escombros con métodos dendrogeomorphological. *Geomorfología*, 87, 337-351.
- Bollsweiler, M., Stoffel, M. Vázquez-Selem, L., Palacios, D. (2010) Tree-ring reconstrucción de la actividad lahar pasado a Popocatépetl, México *El Holoceno* 20: 265-274
- Briseño S. 2008. Indicadores del Progreso, Guía para Medir la Reducción del Riesgo de Desastres y la Implementación del Marco de Acción de Hyogo. Secretaria de la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (ONU/EIRD), Ginebra, Suiza. pp.65
- Caballero Margarita, Lozano-García Socorro, Vázquez-Selem Lorenzo, Ortega Beatriz. (2010). Evidencias de cambio climático y ambiental en registros glaciales y en cuencas lacustres del centro de México durante el último máximo glacial. 2013, de *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* Sitio web: [http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6203/\(4\)Caballero.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6203/(4)Caballero.pdf)
- Carrera-García, M.V.S. (1977). La propagación vegetativa en el género *Pinus*. *Ciencia Forestal*, 2, 3-29.
- CENAPRED. 2006. Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos "Fenómenos Hidrometeorológicos" CENAPRED, México D.F. pp.55-67
- Cerano Paredes, Julián, Villanueva Díaz, José, Fulé, Peter Z., Arreola Ávila, Jesús Guadalupe, Sánchez Cohen, Ignacio, & Valdez Cepeda, Ricardo David. (2009). Reconstrucción de 350 años de precipitación para el suroeste de Chihuahua, México. *Madera y bosques*, 15(2), 27-44. Recuperado en 23 de enero de 2014, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712009000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712009000200002&lng=es&tlng=es)
- Constante García, Vicenta, Villanueva Díaz, José, Cerano Paredes, Julián, Cornejo Oviedo, Eladio H., & Valencia Manzo, Salvador. (2009). Dendrocronología de *Pinus cembroides* Zucc. y reconstrucción de precipitación estacional para el Sureste de Coahuila. *Ciencia forestal en México*, 34(106), 17-39. Recuperado en 23 de enero de 2014, de

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-35862009000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-35862009000200002&lng=es&tlng=es).

Corona C. P., Salgado, S. Z., Menella, V. L., Garduño, M. V.H. (2000), Carta geológico-Minera Angangueo E14A26 escala 1:50,000. CRM en convenio con UMSNH. Morelia, Mich., México.

Correa, G. y Vargas T. 2004. "Atlas geográfico del Estado de Michoacán" UNAM y EDDISA. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

D'Antonio, Marco; Capra, Lucia; Sarocchi, Damiano y Bellotti, Fernando. (2008). Reconstrucción del evento eruptivo asociado al emplazamiento del flujo piroclástico El Refugio hace 13 ka, volcán Nevado de Toluca (México). Rev. mex. cienc. Geo, 25, 115-134.

Del Valle Jorge Ignacio; Ramírez Jorge Andrés; Herrera David Andrés, (2012). Cuadernos De Geografía | Revista Colombiana De Geografía | Vol. 21, n.º 2, jul.-dic. del 2012 | ISSN 0121-215X (impreso) ~ 2256-5442 (en línea) | BOGOTÁ, COLOMBIA | PP. 117-126 experiencias dendroclimáticas con árboles de ecosistemas contrastantes de Colombia. 2013, de Revista Colombiana de Geografía Sitio web: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/32217>

Delgado V., P. (1994). Evaluación de la capacidad productiva y eficiencia de semillas para tres especies del género Pinus (P. Montezumae Lamb., P. Pseudostrobus Lind. y P. Leiophylla Schl., Cham.), en la zona boscosa de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 54, 267-274.

Díez-Herrero, A., Ballesteros, J. A., Bodoque, J. M., Eguíbar, M. A., Fernández, J. A., Génova, M. M., Laín, L., Llorente, M., Rubiales, J. M. y Stoffel, M. (2007). Mejoras en la estimación de la frecuencia y magnitud de avenidas torrenciales mediante técnicas dendrogeomorfológicas. 2013, de Boletín Geológico y Minero Sitio web: [http://www.dendro-avenidas.es/dendro\\_avenidas/documentos/bgym\\_118.pdf](http://www.dendro-avenidas.es/dendro_avenidas/documentos/bgym_118.pdf)

Eguiluz P., T. 1977. Los pinos del mundo. Publicación Especial Núm.1. Escuela Nacional de Agricultura. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. Chapingo, México. 74 p.

- Eguiluz P., T. 1978. Contribución al conocimiento de los pinos mexicanos. Tesis profesional. E.N.A. Chapingo, Méx. 700 p.
- Eguiluz P., T. 1982. Clima y distribución del género *Pinus* en México. *Ciencia Forestal*. Instituto Nacional Investigaciones Forestales. México 7 (38): pp 30-44.
- Eguiluz P., T. 1985. Descripción botánica de los pinos mexicanos. IX Congreso Forestal Mundial. (Ponencia). Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 45 p.
- Ferrari, L. (2000), Avances en el conocimiento de la Faja Volcanica Transmexicana durante la última década. UNAM. México, D.F.
- García, M.J. y B.R. Toledo. 1989. Ensayo de tres intensidades de poda en una plantación de *Pinus pseudostrabus*.
- Guevara, E. Muñoz., E. y Fernández G. 2006. Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica 1a Ed. CENAPRED, México D.F. pp. 18-33.
- Hernández-Madrigal, V., Garduño-Monroy, V. H., Alcántara-Ayala, I. (2007), Estudio geológico para entender los procesos de remoción en masa en la región de Zacapoaxtla, Puebla, México. UNAM y UMSNH; Morelia, Mich.
- J. A. Ballesteros, A. Díez-Herrero, J. M. Bodoque, M. Stoffel, M. Bollschweiler y O. Hitz. (2008). Caracterización de la señal anatómica en la madera de árboles afectados por avenidas torrenciales. 2013, de Trabajos de Geomorfología en España Sitio web: [http://www.dendrolab.ch/download/articles/Ballesteros\\_etal\\_Cadiz\\_2008.pdf](http://www.dendrolab.ch/download/articles/Ballesteros_etal_Cadiz_2008.pdf)
- Jaime, Solís, Claudia y Villalba, Ricardo Argollo. (2004). Potencialidad dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los Andes Centrales de Bolivia.. *Ecología en Bolivia*, 39, 5-24.
- José Villanueva Díaz, Julián Cerano Paredes, D. W. Stahle, Vicenta Constante García, Lorenzo Vázquez Salem, Juan Estrada Ávalos, Juan de Dios Benavides Solorio. (2010). Árboles Longevos De México Ancient Trees Of Mexico. Enero 2012, de *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Sitio web: <http://www.revistasinifap.org.mx/index.php/Forestales/article/view/148/139>

- L. en T. Nires Garduño Bernal. Diagnóstico Fitosanitario Forestal, Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca en el Estado de México, Gobierno del Estado de México, 2011 [http://transparencia.edomex.gob.mx/sma/informacion/publicaciones/ARCHIVO%20A18.pd]
- Lambert, H. L. y R. T. Franklin. (1967). Tanglefoot traps for detection of the balsam woolly aphid. *Econ. Entomol.*, 60, 1525-1529.
- Lavell A.1999. La Problemática de los Desastres en América Central: El Apoyo Internacional para su Gestión: 1980-1998. *Revista La Red.* pp.35-70.
- Luis Gonzaga Giraldo López (2002), *Memorias: Hidrología Forestal*, Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia- Medellín.
- Manzanilla, H. 1974. *Investigaciones Epidemológicas y Silvícolas en Bosques Mexicanos de Abies religiosa*. Dirección General de Información y Relaciones Públicas de la SAG. México, D.F.
- Melo, G. C. y J. L. López G. (1989). Contribución geográfica al programa integral de desarrollo Mariposa Monarca. *Boletín del Instituto de Geografía*, 19, 9-2.
- Molin Valdes., H. 2009. *Disaster Risk Reduction in the United Nations*. Ed. ISDR.USA. pp 120-145.
- Moya, Jorge Y Lara, Antonio. Cronologías de ancho de anillos de queñoa (*Polylepis tarapacana*) para los últimos 500 años en el Altiplano de la región de Arica y Parinacota, Chile. *Bosque (Valdivia)* [online]. 2011, vol.32, n.2 [citado 2013-03-04], pp. 165-173. Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-92002011000200007](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002011000200007&lng=es&nrm=iso)&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0717-9200. doi: 10.4067/S0717-92002011000200007.
- Neira Eduardo y Lara Antonio. (2000). Desarrollo de cronologías de ancho de anillos para alerce (*Fitzroya cupressoides*) en Contao y Mirador, Chile.. *Rev. Chil. hist.nat.*, 73, 693-703.
- Nieto de Pascual, Pola, Cecilia, Musálem, Miguel Á., Ortega, Alcalá, Jorge.. (2003). Estudio de algunas características de conos y semillas de *Abies religiosa* (hbk) schl. etcham.. 25 septiembre 2013, de Redalyc Sitio web: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30237509>.

Osterkamp, WR, Hupp, CR, Stoffel, M. (2012): Las interacciones entre la vegetación y la erosión: Nuevas direcciones para la investigación en la interfase de la ecología y geomorfología procesos de la superficie de la Tierra y Landforms 37: 23-36

Paul R. Sheppard Michael H. Ort Kirk C. Anderson, Mark D. Elson Lorenzo Vazquez-Selem, Angelika W. Clemens, Nicole C. Little And Robert J. Speakman. (2008). Multiple Dendrochronological Signals Indicate The Eruption Of Paricutin Volcano, Michoacán Mexico. Tree-Ring Research, Vol. 64(2), <http://www.bioone.org/doi/abs/10.3959/2008-3.1?journalCode=trre>.

Perry J., P. Jr. 1991. The pines of México and Central America, Timber. Portland, Oregon. pp. 92-118.

Pesson P., Y. 1978. Ecología forestal. Ediciones Mundi-prensa versión español de Helios Sainz Ollero. Madrid, España. 393 p.

PNUD, 2004. Un Informe Mundial. La reducción de riesgos de desastres un desafío para el desarrollo. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Dirección y Prevención de Crisis y de Recuperación. [www.undp.org/bcpr](http://www.undp.org/bcpr).

Problemas Causados por Plagas y Enfermedades, [www.isahispana.com/treecare/resources/insect\\_disease\\_spanish.pdf](http://www.isahispana.com/treecare/resources/insect_disease_spanish.pdf)

R. Piqué Huerta. (2006). Los carbones y las maderas de contextos arqueológicos y el paleoambiente. 2013, de Redalyc Sitio web: <http://www.redalyc.org/pdf/540/54017105004.pdf>

Ramirez, R. M. (2001) Los espacios forestales de la sierra de Angangueo (Estados de Michoacán y México), México: Una revisión geográfica. Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Ramírez, R. M. (2001), cambios en las cubiertas del suelo en la sierra de Angangueo, Michoacán y estado de México, 1971-1994-2000. UNAM. México, D.F.

Ruiz-Villanueva, V. (2010): Aplicaciones de la Dendrogeomorfología al análisis de otros procesos geomorfológicos y geológicos. En: Ballesteros, J.A., Bodoque, J.M., Díez-Herrero, A.,

Génova, M., Gutiérrez, E., Moya, J., Muntán, E., Oller, P., Rubiales, J.M., Ruiz-Villanueva, V., Saz, M.A. (2010). Dendrogeomorfología. Los árboles, fuente de conocimiento de los procesos y desastres naturales. Cuadernos de Arboricultura nº 5, páginas 83-95. Asociación Española de Arboricultura, Diputación Provincial de Toledo y Sociedad Española de Geomorfología, Valencia, 119 pp. ISBN 978-84-96211-47-6, D.L. V-1180-2010.

Ruiz-Villanueva, V. En: Díez Herrero, A., Laín Huerta, L. Y Llorente Isidro, M. (2008) Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración. "Modelación hidrológica distribuida: el modelo Tetis" (pp 37-38), "Integración de métodos, calibración y criterios de selección" (pp 120-122), "Escalas de trabajo: criterios de selección" (pp 176-180). Ref. D.L: M-46538-2008, ISBN 978-84-7840-770-5, NIPO: 657-08-026-2. 2008. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid

Ruiz-Villanueva, V.; Ballesteros, J. A.; Bodoque, J. M.; Stoffel, M.; Bollschweiler, M.; Díez-Herrero, A. (2009). Improving the flash flood frequency analysis applying dendrogeomorphological evidences. 2013, de SAO/NASA ADS Physics Abstract Service Sitio web:  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2009pcms.confE.172R>

Sánchez, A. S. D. 1987. Comparación de tres técnicas de producción de plántulas en vivero. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. 118 p.

Srur, Ana M; Villalba, Ricardo; Villagra, Pablo E Y Hertel, Dietrich. Influencias de las variaciones en el clima y en la concentración de CO<sub>2</sub> sobre el crecimiento de *Nothofagus pumilio* en la Patagonia. *Rev. chil. hist. nat.* [online]. 2008, vol.81, n.2, pp. 239-256. ISSN 0716-078X.

Stoffel, M., Mayordomo, DR, Corona, C. (en prensa). Los movimientos de masas y anillos de árboles: Una guía de campo dendrogeomorphic muestreo y datación Geomorfología doi: 10.1016/j.geomorph.2012.12.01

Stoffel, M., Mayordomo, DR, Corona, C. (en prensa):. Los movimientos de masas y anillos de árboles: Una guía de campo dendrogeomorphic muestreo y datación Geomorfología doi: 10.1016/j.geomorph.2012.12.01

- Stoffel, M., Mayordomo, DR, Corona, C. (en prensa). Los movimientos de masas y anillos de árboles: Una guía de campo dendrogeomorphic muestreo y datación Geomorfología doi: 10.1016/j.geomorph.2012.12.01
- Stoffel, M., Wilford, DJ (2012): Los procesos de Hidrogeomórficos y vegetación: perturbación, las historias de proceso, dependencias e interacciones. Procesos superficie de la Tierra y los accidentes geográficos 37: 9-22
- Tomazello Fo. Mario, Roig Fidel A., Zevallos Pollito Percy A.. Dendrocronología y dendroecología tropical: Marco histórico y experiencias exitosas en los países de América Latina. Ecología en Bolivia [revista en la Internet]. 2009 Oct [citado 2014 Ene 23]; 44(2): 73-82. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282009000200001&lng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282009000200001&lng=es)
- Villanueva Díaz José; Cerano Paredes Julián; Stahle D W; Therrell M D; Vázquez Salem Lorenzo; Morán Martínez Roque; Luckman B H (2006). Árboles viejos del Centro-Norte de México Importancia Ecológica y Paleoclimática. Folleto Técnico.
- W. M. Ciesla, D. Cadahía Y F. Robredo, La Detección de Plagas de Insectos Enfermedades Forestales, <http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/BSVP-02-01-037-053.pdf>
- Worni, R., Huggel, C., Stoffel, M., Pulgarín, B., (2012). Desafíos de la modelización de lahares recientes, muy grandes en Volcán Nevado del Huila, Colombia Boletín de Vulcanología. 74:309-324.

Formatos de colecta

					SITIO:	
LUGAR Y DESCRIPCIÓN DE LLEGADA			FECHA:	COORDENADAS:	ALTURA:	
OBSERVACIONES:						
NUMERO DE MUESTRA	ESPECIE	ALTURA	ANCHO	TIPO DE ÁRBOL	HERRAMIENTA DE MUESTRA	OBSERVACIONES INDIVIDUALES DE MUESTRA
GENERALIDADES DEL SITIO:						

## Glosario de términos

**Ambiente:** Región, alrededores y circunstancias en las que se encuentra un ser objeto. El ambiente de un individuo comprende dos tipos de constituyentes: 1. El medio puramente físico o abiótico, en el cual él existe (aire, agua) y 2. El componente biótico que comprende la materia orgánica no viviente y todos los organismos, plantas y animales de la región, incluida la población específica a la que pertenece el organismo (ciaciu, 2010).

**Amenaza natural:** Un proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (ISDR, 2009).

**Amenaza socio-natural:** El fenómeno de una mayor ocurrencia de eventos relativos a ciertas amenazas geofísicas e hidrometeorológicas, tales como aludes, inundaciones, subsidencia de la tierra y sequías, que surgen de la interacción de las amenazas naturales con los suelos y los recursos ambientales explotados en exceso o degradados (ISDR, 2009).

**Amenaza:** Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daño ambientales (ISDR, 2009).

**Aprovechamiento Sustentable:** Uso de un recurso natural de modo tal que no altere las posibilidades de su utilización en el futuro (EcoPortal.net, 2010).

**Calentamiento Global:** La concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, el principal gas invernadero, no para de subir. Desde el comienzo de la era industrial ha pasado de 280 a 350 ppm (partes de CO<sub>2</sub> por millón de partes de aire). Para finales de siglo se estiman cifras que llegan hasta 450 ppm. \*Otros gases como el metano, contribuyen a reforzar el efecto invernadero: cuantas más moléculas floten en el aire, tanto más calor quedará atrapado en la atmósfera. \*Si sigue aumentando el nivel de CO<sub>2</sub>, metano y CFC, los actuales 15° promedio podrán ascender fácilmente unos puntos más en treinta o cincuenta años. \*La actividad humana está

forzando el calentamiento terrestre: los incendios de bosques y la quema de combustibles inyectan a la atmósfera 3500 millones de toneladas anuales de dióxido de carbono. Por su parte los 1200 millones de cabezas de ganado que hay en el mundo y los cultivos de arroz, desprenden grandes cantidades de metano (.dolceta.eu/espana/Mod4/spip.php?article204, 2010).

**Calidad de Vida:** Vínculo dinámico entre el individuo y el ambiente en donde la satisfacción de necesidades implica la participación continua y creativa del sujeto en la transformación de la realidad (EcoPortal.net, 2010).

**Capacidad:** La combinación de todas las fortalezas, los atributos y los recursos disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización que pueden utilizarse para la consecución de los objetivos acordados (ISDR, 2009).

**Círculo de Pobreza:** Expresión aplicada a la situación generada en ciertos países o regiones para indicar la dificultad del problema ambiental y social que los aqueja. Este ciclo se caracteriza por la degradación de los recursos naturales, baja productividad, estancamiento agrícola, pobre tecnología, ingresos precarios de los habitantes, desnutrición, analfabetismo, altos índices de natalidad, mortalidad y morbilidad elevada, migración del campo a la ciudad y descomposición social (Economíaambiental.com).

**Contaminación:** Liberación de sustancias que de manera directa o indirecta, que causan efectos adversos sobre el medio ambiente y los seres vivos. Existencia en el ambiente de contaminantes o agentes tóxicos o infecciosos que entorpecen o perjudican la vida, la salud y el bienestar del hombre, la fauna y la flora; que degradan la calidad del ambiente y en general, el equilibrio ecológico y los bienes particulares y públicos (ingenieroambiental.com, 2010).

**Contaminante natural:** Las emitidas por los diferentes procesos naturales del océano, de los bosques, de los volcanes, de los pantanos, de las tempestades eléctricas, etc. (ingenieroambiental.com, 2010).

**Contaminantes Antropogénico:** Producidos por la acción del hombre en diferentes procesos (ingenieroambiental.com, 2010).

**Costos Ambientales:** Riesgos económicos intangibles de un proyecto de cierta envergadura. La economía tradicional ha ignorado tanto estos costos, como los sociales. Muchos proyectos ejecutados sin tomar en consideración estos costos producen impactos ambientales (rsc-chile.cl, 2011).

**Costos económicos:** Los costos económicos incluyen no sólo los costos explícitos (contables o desembolsos en efectivo), sino también los costos implícitos, es decir todos los costos de oportunidad vinculados en una actividad productiva (auladeeconomia.com, 2011).

**Crecimiento económico:** Consiste en la expansión del producto interno bruto de una determinada zona geográfica. Va ser un proceso acumulativo que permite el incremento del nivel de vida.

**Crecimiento sostenible:** Es el tipo de crecimiento que permite que las generaciones futuras puedan disfrutar de los mismos recursos del medio y ambientales (EcoPortal.net, 2010).

**Degradación ambiental:** La disminución de la capacidad del medio ambiente para responder a las necesidades y a los objetivos sociales y ecológicos (ISDR, 2009).

**Dendrocronología:** Ciencia que estudia la sedimentación de los materiales a partir de cierto tipo de árboles, relacionados con el tiempo geológico, el clima y los diversos eventos geológicos. Estudio del crecimiento anual de los anillos de los árboles, aplicable solo a los últimos 4,000 años.

**Desarrollo sostenible:** Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades (ISDR, 2009).

**Desastre:** Una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos (ISDR, 2009).

**Desastres naturales:** Son alteraciones intensas de las personas, los bienes, los servicios y el medio ambiente, causadas por un suceso natural o generado por el hombre que exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada. Se denomina desastre natural sólo cuando el problema social o económico

es denotado por un fenómeno de la naturaleza (cambioclimatico.org/content/desastres-naturales).

**Impacto Ambiental:** Cualquier cambio neto, positivo o negativo, que provoca sobre el ambiente como consecuencia indirecta, de acciones antrópicas susceptibles de producir alteraciones que afecten la salud, la capacidad productiva de los recursos naturales y los procesos ecológicos esenciales (ingenieroambiental.com, 2010).

**Indicadores Ambientales:** Variable que señala la presencia o condición de un fenómeno que no puede medirse directamente. Por ejemplo, para evaluar el estado de calidad del aire puede observarse la presencia de determinados líquenes o en relación con la calidad de vida puede utilizarse el índice de población servida por redes de agua potable o medios de transporte (ingenieroambiental.com, 2010).

**Medidas de prevención y mitigación:** Conjunto de disposiciones y acciones que tienen por objeto prevenir y disminuir los impactos ambientales negativos (NTE-IEG-001/98, 1998).

**Plan de contingencia:** Documento oficial a través del cual se determina la estructura organizativa y funcional alternativa, utilizada ante la interrupción inesperada del suministro de servicios básicos necesarios para mantener la atención de los pacientes (ingenieroambiental.com, 2010).

**Planificación Ambiental:** Es la recopilación, organización y procesamiento de la información para facilitar la toma de decisiones que dan solución total o parcial a problemas definidos por funciones o necesidades ambientales específicas, asegurando que las componentes ambientales que se estudien sean las relacionadas con el problema analizado y que los vínculos de la función analizada con otras funciones, sean conocidos por el ente a la persona responsable de la toma de decisiones". G. Parra Pardi. (ingenieroambiental.com, 2010).

**Reducción del riesgo de desastres:** El concepto y la práctica de reducir el riesgo de desastres mediante esfuerzos sistemáticos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la

población y la propiedad, una gestión sensata de los suelos y del medio ambiente, y el mejoramiento de la preparación ante los eventos adversos (ISDR, 2009).

**Riesgo aceptable:** Nivel de pérdidas potenciales que una sociedad o comunidad considera aceptable ante un riesgo (ISDR, 2009)

**Riesgo:** La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas (ISDR, 2009).

**Madera:** La madera (del lat. materia), xilema (del griego lignificarse) o leño (del lat. Lignum) es la parte sólida de los árboles por debajo de la corteza. Es el conjunto de elementos lignificados, lo mismo tráqueas o traqueidas. En sentido estricto, en cuanto al período de su formación, toda suerte de tejido secundario producido por el cambium hacia el interior del mismo.