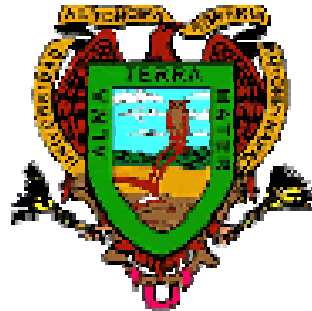


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Reconstrucción de 350 años de precipitación invierno-primavera para
Saltillo, Coahuila.**

POR:

JULIÁN CERANO PAREDES

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Agosto, 2004.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**Reconstrucción de 350 años de precipitación invierno-primavera para
Saltillo, Coahuila.**

POR:

JULIÁN CERANO PAREDES

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA

**DR. Eladio H. Cornejo Oviedo
Asesor principal**

**M. C. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la División de Agronomía**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Agosto, 2004.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**Reconstrucción de 350 años de precipitación invierno-primavera para
Saltillo, Coahuila.**

Por:

JULIÁN CERANO PAREDES

TESIS

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:**

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por:

**DR. Eladio H. Cornejo Oviedo
Asesor principal**

**DR. José Villanueva Díaz
Asesor**

**M.C. Salvador Valencia Manzo
Asesor**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Agosto, 2004.

*El presente trabajo se realizó gracias al apoyo brindado por el proyecto **“Estimación de la variabilidad climática, presente, pasado y futura en las Americas con el uso de árboles de bosques de altura”** CRN-03 proyecto Tree-line, con financiamiento del IAI, cuyo responsable es el suscrito Dr. José Villanueva Díaz.*

DEDICATORIA

A mis Padres (Abuelitos)

A la memoria de mis papas *Benigno Cerano†* y *Ma. De Jesús†*, por todo el cariño e inmenso amor que me abrigó durante mi niñez y que en ningún momento me faltó. Siempre están presentes en cada momento de mi vida.

A mis Padres

Rafael Cerano Vázquez

A ti papa, por todo tu esfuerzo y sabios consejos para guiarme en la vida, con todo mi amor, respeto, cariño y admiración te dedico este trabajo, por ser en mi vida el ejemplo a seguir. Agradezco a Dios, por que me ha permitido tener la dicha de que seas mi padre.

Ma. Elena Paredes Gallegos

Por darme lo más hermoso la vida, apoyo, comprensión y constante amor, que dios te bendiga mama. Te quiero con todo mi corazón.

A mi Esposa

Con profundo amor, a mi esposa *Rosalinda Cervantes Martínez*.
Cualquier cantidad de palabras es insuficiente para expresar el inmenso amor que eres para mi, agradecer tu apoyo y el sentido que has venido a dar a mi vida.
Te Amo, mi corazón.

A mis Bebes

A mis pequeños gemelos *Rafael* y *Julián*, por traer a mi vida el sentimiento más hermoso, el ser papa, son la alegría más grande de mi vida y una razón más para mi superación. Los amo con todo mi corazón.

A mis Hermanos

Gabriel, Estela y Rafael, por brindarme siempre su cariño y esperarme siempre con alegría, son una parte importante en mi vida. Muy en especial a mi hermano *Gaby*, por tomar el lugar de hermano mayor con mucha responsabilidad y apoyarme en cada momento. Un hermano mayor no lo hubiera hecho mejor. Te quiero mucho.

A mis Abuelitos, *Alejandro Paredes y Maria Gallegos*, con mucho cariño.

A la familia Cervantes Martínez

Por permitirme ser parte de su Familia y brindarme un gran cariño.

Muy en especial a la Sra. Carmen Estela Martínez Palafox

AGRADECIMIENTOS

A dios, por guiar mi camino y darme la oportunidad de culminar una etapa más en mi vida, gracias señor por todo lo maravilloso que has dado a mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por acogerme en su lecho durante toda mi carrera y darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

Al Dr. José Villanueva Díaz, por su amistad, consejos, asesoría y un incondicional apoyo en la planeación y desarrollo del presente trabajo. Reiterándole mis más sinceros agradecimientos por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo y permitir desarrollarme en el área de la dendrocronología.

Al Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo, por su valiosa asesoría, orientación e incondicional apoyo en el desarrollo de este trabajo, por sus esfuerzos en la revisión y sugerencias para que este trabajo quedara lo mejor posible, a demás como profesor y amigo es una persona que a formado parte importante en mi desarrollo profesional.

Al M. C. Salvador Valencia Manzo, por la disponibilidad que siempre mostró para la revisión de este trabajo y sus valiosas aportaciones para mejorar el documento, como maestro por todos los conocimiento que me ha compartido y muy en especial por la amistad que me brinda.

A mis mejores amigos, Luis M. Villegas Ortiz y Omar Delgado De Jesús, por su amistad, consejos y por ese cariño y apoyo que siempre me han brindado más que como amigos, como hermanos. Gracias compadres.

A mis tíos y tías, a todos ellos por la amistad y gran cariño que siempre me han brindado desde niño. Muchas gracias.

Profesores, a todos y cada uno de los profesores que durante el transcurso de mi carrera contribuyeron a mi formación. Gracias.

A Héctor Sánchez Cerano, por todos los años de estudio y aventuras que compartimos juntos, por su apoyo y por esa amistad que desde niños nos une.

A Pascual Gallegos Ayala, por la gran amistad que existe como familia, amigos y por compartir el gusto por la misma carrera.

A mis Compañeros de Generación, con cariño, a todos ellos.

Al EIIPP, Por todo lo bueno y maravilloso que ha traído a mi vida. Por su amistad, a mis amigos de equipo y al entrenador el Dr. Juan Manuel Martínez, gracias.

A todos mis amigos, compañeros, colegas, que durante toda la carrera compartimos el mismo techo, "La Dioni" y el mismo sueño, culminar nuestra carrera, a todos ustedes gracias por tantos momentos compartidos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
I RESUMEN	1
II INTRODUCCIÓN	4
Objetivos.....	7
III REVISIÓN DE LITERATURA	7
Distribución geográfica de <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco.....	7
Desarrollo de la dendrocronología.....	9
Formación del anillo de crecimiento.....	10
Factores que influyen en la formación del anillo de crecimiento.....	11
Precipitación.....	12
Registros históricos ambientales.....	13
Registros proxy.....	13
Datos históricos.....	14
Sedimentos lacustres y marinos.....	15
Análisis de polen.....	16
Arrecifes coralinos.....	16
Núcleos de hielo.....	17
Depósitos de neotomas.....	17
Dendrocronología.....	18
Dendroclimatología.....	19
Problemas para el fechado.....	23
Anillos perdidos o ausentes.....	23
Anillos dobles o falsos.....	25

Sensibilidad y falta de sensibilidad en el crecimiento de los anillos del árbol.....	27
Sensibilidad en el crecimiento del árbol.....	27
Falta de sensibilidad en el crecimiento del árbol.....	27
Estudios dendrocronológicos.....	29
Reconstrucciones de precipitación.....	29
Reconstrucciones de temperatura.....	35
Reconstrucciones de incendios.....	36
IV MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
Área de estudio.....	38
Campo	
Colecta de muestras.....	41
Diseño de muestreo.....	41
Características del arbolado muestreado.....	41
Registro de información del sitio.....	42
Colecta de núcleos o virutas de árboles.....	42
Laboratorio	
Preparación y fechado de muestras.....	46
Medición de anillos anuales.....	54
Control de calidad de los datos.....	55
Construcción de cronologías.....	57
Desarrollo de modelos climáticos.....	62
Análisis histórico.....	66
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	67
Función de respuesta.....	67
Reconstrucción de precipitación invierno-primavera.....	75

Periodo 1660 y 1685-1695.....	81
Periodo 1705-1743.....	81
Periodo 1789-1810.....	83
Periodo 1857-1875.....	87
Periodo 1890-1895.....	89
Periodo 1915-1925.....	91
Periodo 1950-1965.....	92
Periodo 1969-1980.....	94
Periodo 1990-2001.....	95
Teleconexión de la reconstrucción de Saltillo, Coah., con índices del Niño.....	95
Representatividad nacional de la precipitación reconstruida.....	98
Análisis de correlación entre cronologías del norte de México.....	100
Análisis de la tendencia histórica de eventos climáticos.....	107
VI CONCLUSIONES.....	111
VII RECOMENDACIONES.....	116
VIII LITERATURA CITADA.....	117
IX APÉNDICES.....	125

ÍNDICE DE CUADROS

Numero	Página
1 Calibración para la reconstrucción de precipitación de invierno-primavera (enero-junio) para Saltillo, Coahuila, utilizando el promedio de las cronologías estándar de madera temprana para los sitios La Viga, El Coahuilon y Los Pilares, en Sierra de Arteaga, Arteaga, Coahuila.....	76
2 Pruebas estadísticas de la verificación para la reconstrucción de precipitación invierno-primavera (enero-junio), empleando la cronología promedio de madera temprana para Sierra de Arteaga, Arteaga, Coahuila y los datos de precipitación de la estación Saltillo.....	76
3 Matriz de correlación para cronologías estándar “anillo total”, para el norte de México, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental. Coeficientes de correlación, NS = No significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$ y *** = $p < 0.0001$	101
4 Matriz de correlación para cronologías de Sierra Madre Occidental.....	104
5 Matriz de correlación para cronologías de Sierra Madre Oriental.....	104
6 Correlaciones entre las diversas reconstrucciones de precipitación invernal y primavera existentes para el norte de México con la reconstrucción de Sierra de Arteaga, Coahuila, para un periodo común de 1782-1992.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Numero		Página
1	Imagen que muestra los anillos de crecimiento (Grissino-Mayer, 1993).....	19
2	Estructura celular de la madera de Gimnospermas (coníferas) (Fritts, 1976).....	21
3	Principios de la dendrocronología: a) árbol vivo, b) árbol muerto y c) madera de ruinas (Stokes y Smiley, 1996).....	22
4	Diagrama que ilustra la porción basal del tallo de un árbol. Muestra la superficie de secciones en tres niveles, cada uno de los anillos es conectado con una línea vertical. El anillo representado por el año 1847 esta ausente en la sección inferior, aparece como un lente entre B y F y aparece como anillo pequeño en la sección F – I (Stokes y Smiley, 1996).....	24
5	Anillos perdidos, la sección “A” muestra una pequeña parte de un anillo perdido sin problemas para ser reconstruido, “B” presenta una serie de anillos perdidos, posiblemente fechables si se cuenta con una sección transversal.....	24
6	Anillos dobles, “A” indica una banda falsa, se aprecia la combinación de ambas porciones de madera, no existe un cambio claro entre madera temprana y madera tardía, “B” muestra de la misma una banda falsa identificada por la posición del conducto de resina.....	26
7	Serie de anillos de crecimiento, “A” sensible a las condiciones ambientales (alta variabilidad anual), “B” no sensible (Baja variabilidad anual).....	27
8	Diferentes modelos de crecimiento, uno sensible y otro no sensible a las condiciones ambientas (Stokes y Smiley, 1996).....	28
9	Mapa que indica la ubicación geográfica del área de estudio, Sierra de Arteaga, Coahuila.....	39
10	Ubicación geográfica de la distribución de los sitios muestreados en Sierra de Arteaga, Coahuila para la generación de cronologías. Los sitios estudiados son: La	

	Viga, El Coahuilon, Pilares y El Morro, que están ubicados en el sureste de Coahuila, mientras que el sitio El Tarillal se localiza en los limites de Coahuila y Nuevo León.....	40
11	Obtención de una muestra o viruta con el taladro de Pressler. Manera en que la barrena va cortando la madera y de que manera se ubican los anillos de crecimiento (Jozsa, 1988).....	45
12	Preparación y montado de la viruta, etapa básica para el inicio de análisis de la muestra (Stokes y Smiley, 1996).....	47
13	Sistema de conteo, representación de micro anillos y anillos ausentes (Stokes y Smiley, 1996 y Swetnam et al., 1985).....	49
14	Comparación de modelos de crecimiento e identificación de anillos ausentes para el correcto fechado (Stokes y Smiley, 1996).....	49
15	Dos diferentes secciones de incrementos que presentan patrones comunes de crecimiento. Observándose bandas angostas (micro anillos) y anillos ausentes (Stokes y Smiley, 1996).....	50
16	Tira de papel cuadriculado, etiquetado y debidamente enumerado para el desarrollo de un grafico de crecimiento o Skeleton plot.....	51
17	Modelo de crecimiento que permite la comparación simultanea de varios individuos para determinar similitud de patrones de crecimiento (Stokes y Smiley, 1996).....	52
18	Fechado cruzado o empalme. Gráficos de crecimiento de diferentes individuos que permite determinar la similitud y poder asignar un prefchado. En la parte inferior se muestra un grafico maestro (compuesto maestro), promedio de los diferentes gráficos de crecimiento (Stokes y Smiley, 1996).....	53
19	Sistema de medición, medición de ancho de anillos de crecimiento, anillo total, madera temprana y tardía, laboratorio de Dendrocronología INIFAP CENID-RASPA.....	55
20	Ubicación de la estación climatológica Saltillo, utilizada para determinar la asociación entre la cronología promedio de madera temprana de <i>Pseudotsuga menziesii</i> y precipitación.....	63

21	Función de respuesta de madera temprana (EW, sección izquierda) y madera tardía (LW, sección derecha), para El Coahuilon, La Viga, Los Pilares, El Tarillal y El Morro, en Sierra de Arteaga, Coahuila.....	68
22	Precipitación media mensual de la estación Saltillo, Coahuila.....	71
23	Coeficientes de correlación (r) entre la cronología de madera temprana de Sierra de Arteaga y la precipitación total de los meses de enero-diciembre de la estación Saltillo de 1941-2000.....	71
24	Función de respuesta, promedio de tres cronologías de madera temprana para El Coahuilón, La Viga y Pilares, Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah. Los meses de diciembre a junio están correlacionados significativamente ($p < 0.05$).....	72
25	Función de respuesta, promedio de tres cronologías de madera tardía para El Coahuilón, La Viga y Pilares, Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah. Los meses de noviembre-abril están correlacionados significativamente ($p < 0.05$).....	72
26	Dispersión del modelo de regresión que muestra la variabilidad de la cronología de madera temprana de Sierra de Arteaga, Coah., con la precipitación total de enero-junio para el período 1953-2000.....	75
27	Calibración (1976-2000) para la reconstrucción de precipitación enero-junio en Saltillo, con cronologías de madera temprana de <i>Pseudotsuga menziesii</i> de Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah.....	78
28	Verificación (1953-1975) para la reconstrucción de precipitación enero-junio en Saltillo con cronologías de madera temprana de <i>Pseudotsuga menziesii</i> procedentes de Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah.....	78
29	Comparación de precipitación actual (línea punteada) y precipitación reconstruida (línea sólida) invierno primavera (enero-junio) para 48 años, 1953-2000 de datos climáticos disponibles. Este periodo se dividió para desarrollar dos pruebas por separado, calibración y verificación, 1976-2000 y 1953-1975.....	79

30	Reconstrucción de la precipitación invierno-primavera (enero-junio) para Saltillo, Coahuila, utilizando como “proxy” los índices de una cronología regional de madera temprana en Sierra de Arteaga, Coah. La línea flexible representa una curva suavizada, que resalta eventos de baja frecuencia ocurridos a lo largo de la reconstrucción, con un promedio de.....	80
31	Correlación entre la precipitación reconstruida del período enero-junio para Saltillo y el Índice de Lluvia Tropical (TRI por sus siglas en ingles), para el período 1896 – 1995 y dividido en subperíodos de 20 años. Observe las correlaciones fluctuantes a lo largo del período, lo que demuestra la gran inestabilidad de la teleconexión ecuatorial del pacífico con el clima de esta región. Los valores son significativos para los períodos 1895 – 1914, $p = < 0.01$; 1915 – 1934, $p = < 0.05$ y 1975 – 1994, $p = < 0.05$	96
32	Dispersión del modelo de regresión que muestra la variabilidad de la precipitación reconstruida enero-junio para Sierra de Arteaga, Coah; con el All Mexico Rainfall Index enero-junio para 1941-1998.....	98
33	Comparación entre la precipitación reconstruida del período enero – junio para Saltillo, Coahuila (línea sólida) y el Índice de Precipitación para todo México (All Mexico Rainfall Index) (línea punteada). El período analizado se extendió de 1941-1998 y se obtuvo una $r = 0.53$ ($p < 0.001$).....	99
34	Correlación entre 17 diferentes cronologías de anillo total para el norte de México. Observe la diferencia en el grado de correlación entre las cronologías de Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental.....	102
35	Distribución de cronologías generadas para el norte de México.....	106
36	Comparación de la reconstrucción de precipitación de Sierra de Arteaga, Coah. del período enero-junio con eventos de baja frecuencia, ocurridos en reconstrucciones de precipitación invernal para el norte y noreste de México.....	109

RESUMEN

Con el objetivo de desarrollar una reconstrucción de precipitación invierno-primavera para la región de Saltillo, Coah., determinar el grado de correlación con reconstrucciones para el norte de México y analizar la influencia del ENSO (El Niño Oscilación del Sur), se analizaron 247 muestras de 147 árboles de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, de cinco parajes en la Sierra de Arteaga, Coahuila, ($100^{\circ} 00' - 101^{\circ} 00' W$ y $25^{\circ} 00' - 26^{\circ} 00' N$) conocidos como: La Viga, El Coahuilón, Pilares, El Tarillal y El Morro. Las muestras se procesaron y analizaron mediante técnicas dendrocronológicas estándar; la calidad del fechado se verificó con el programa COFECHA y con el programa ARSTAN se generaron las cronologías (anillo total, madera temprana y madera tardía). La relación entre las cronologías y el clima se determinó mediante una función de respuesta con el programa PRECON. Con base en los índices de crecimiento de las cronologías de madera temprana y tardía y los registros de precipitación de la estación climatológica Saltillo ($25^{\circ} 26' 08'' N$ y $100^{\circ} 54' 12'' W$), para período 1941 – 2000, se determinó que el crecimiento anual de esta especie está influenciado por la precipitación de invierno-primavera (enero-junio).

Las cronologías más extensas, con mayor variabilidad común y significativamente correlacionadas, como La Viga, El Coahuilón, y Los Pilares (PC1), se promediaron obteniendo índices de crecimiento anual representativos para la Sierra de Arteaga. Dado que la cronología de madera tardía solo explicó el 20% de la variabilidad en precipitación estacional, se optó por utilizar únicamente la

cronología de madera temprana para reconstruir la precipitación invierno-primavera para Saltillo, Coahuila. Para generar el modelo de reconstrucción de precipitación, se realizó una calibración entre datos observados y reconstruidos para el período común de 1953-2000. Se encontró que la cronología promedio de madera temprana explica el 52.0 % ($r^2 = 0.52$, $p < 0.001$) de la variabilidad de la precipitación invierno – primavera (enero – junio) del período 1659 – 2001 (343 años).

La reconstrucción de precipitación en Saltillo, indica alta variabilidad de alta frecuencia (interanual) y baja frecuencia (decenal, multidecenal). Las fuertes sequías detectadas a finales del siglo XVIII y principios del XIX (1789-1810), mediados del siglo XIX (1857-1875), y mediados del siglo XX (1950-1965), sin lugar a duda fueron las sequías más severas que asolaron la región de Saltillo. La teleconexión extratropical de ENSO, representada por el Índice de Lluvia Tropical del período (1896 – 1995), con la precipitación reconstruida para Saltillo, Coahuila, para el mismo período, indicó altas fluctuaciones en el tiempo. Las correlaciones detectadas, fluctuaron en el rango de $r = 0.24$ a 0.65 , en cinco subperíodos de 20 años, donde la mayor correlación se observó para el subperíodo 1895 – 1914 y la más baja en el subperíodo 1935 – 1954; sin embargo a partir de este subperíodo se observó un incremento en la correlación entre este índice y la precipitación reconstruida.

La representatividad tanto de la lluvia observada y reconstruida en Saltillo con la del resto del territorio nacional, se determinó al comparar la precipitación reconstruida con la precipitación promedio nacional de un período común 1941-

1998, no obstante que la lluvia promedio a nivel nacional se encuentra sesgada por aquellas regiones más húmedas, al compararla contra la precipitación reconstruida, se encontró una correlación significativa ($r = 0.53$, $p < 0.001$), lo cual indica, que la lluvia en esta región, aunque de menor volumen, de alguna manera está influenciada por patrones de circulación atmosféricos que determinan la precipitación en otras áreas de México.

El agua en la región de Saltillo resulta primordial para su desarrollo socioeconómico, que en las últimas décadas ha tenido un crecimiento industrial acelerado, pero que ha repercutido profundamente en el recurso agua, a tal grado de representar una limitante para su permanencia y futuro crecimiento.

Esta reconstrucción, muestra en los últimos 300 años, la presencia de ciclos hidroclimáticos con sequías devastadoras que se han presentado en la región cada 100 años (1690, 1790, 1890, 1990) y cada mediados de siglo (1660, 1750, 1850 - 1870, 1950 - 1960), pero con una tendencia a presentarse con mayor frecuencia, por lo que es importante considerar estos resultados y tomar las precauciones pertinentes para eficientar y planear con antelación el uso más adecuado de este recurso.

INTRODUCCIÓN

La circulación atmosférica, modelos de lluvia y cordilleras dividen a las tierras, lo que genera numerosos “sitios macro climáticos”. En estos grandes sitios climáticos, las condiciones meteorológicas anuales varían de manera uniforme en una escala relativa, y se considera que cada área tiene, en consecuencia, un clima homogéneo (Stokes y Smiley, 1968).

Los registros climáticos disponibles para analizar las variaciones climáticas son muy reducidos, ya que sólo se tiene información de los últimos 70 años y se carece de registros más antiguos, que permitan analizar y conocer la tendencia de la precipitación en un periodo de tiempo prolongado. Los anillos de crecimiento del árbol, que incluye madera temprana y tardía, son una herramienta para el análisis de las condiciones climáticas en períodos en los que no existen registros de precipitación (Fritts, 1976).

Los bosques templados de las Sierras Madre Occidental y Madre Oriental, muestran la presencia de coníferas, como *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, con excelente potencial dendrocronológico, su desarrollo tanto de la madera temprana como tardía está influenciado por las condiciones dominantes de precipitación de invierno y de verano que a su vez son modulados por patrones atmosféricos de circulación global (Stahle *et al.*, 1998).

El fechado de los anillos de crecimiento, tanto en árboles vivos como en muertos, así como de madera subfósil, permite la generación de cronologías muy extensas. En algunos lugares del mundo se ha llegado a obtener cronologías con más de 3000 años de extensión (Herrera, 2002).

Entre árboles, puede compararse los patrones de anillos anchos y delgados para establecer el año exacto en que se formaron cada uno de los anillos. El mismo tipo de comparación puede hacerse entre trozos de madera de edad desconocida y los anillos de árboles vivos, de manera que se establezca la fecha en que el trozo era parte de un árbol vivo y en crecimiento. La dendrocronología es la disciplina que estudia el fechado y la reconstrucción de eventos, tales como clima, incendios, dinámica de rodales, a partir de los anillos de crecimiento de los árboles. Esto es posible debido a la relación que existe entre ancho del anillo y otras características de los mismos, así como diversos fenómenos ambientales; caso específico es que en los años más secos, los árboles forman anillos más angostos (Tagle, 2002).

La Sierra la Viga, El Coahuilón, Los Pilares, El Tarillal y El Morro, localizadas en la Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah. desempeñan un papel fundamental en la captura de agua de lluvia y en la recarga de los mantos acuíferos que satisfacen las necesidades de agua de gran parte de la población, principalmente la capital del estado, Saltillo, y parte del estado de Nuevo León. La disminución en la precipitación anual y por consiguiente de los mantos acuíferos es una problemática evidente y de especial atención.

El conocimiento de la variabilidad hidroclimática es una parte esencial para el desarrollo de una planeación adecuada de los recursos hidrológicos en una región determinada. En Coahuila y en general en la porción noreste de México, en la actualidad ocurre un déficit de agua, lo cual se ha agravado en la última década a consecuencia del crecimiento poblacional e industrial acelerado, en ciudades como Saltillo, Monterrey y poblaciones circunvecinas. Reconstrucciones paleoclimáticas son comunes en Estados Unidos y sólo recientemente se han empezado a generar en México, siendo prácticamente inexistentes en la región noreste.

La generación de cronologías de anillos de árboles para la Sierra La Viga, El Coahuilon, Los Pilares, El Morro y El Tarillal, van a contribuir a integrar una red de cronologías de *Pseudotsuga menziesii* en México, así como proporcionar información paleoclimática para los últimos 350 años; donde se analizarán períodos secos y precipitación superior a la normal, lo cual es importante para determinar la ciclicidad de estos eventos en el tiempo y tener los elementos técnicos para analizar la probable ocurrencia futura de estos fenómenos recurrentes.

OBJETIVOS

Para la realización de este estudio se proponen los siguientes objetivos específicos:

1. Desarrollar cronologías de *Pseudotsuga menziesii* de anillo total y madera temprana y tardía en la Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah.
2. Realizar una reconstrucción de la precipitación invierno-primavera con base a la cronología de madera temprana.
3. Desarrollar una comparación con reconstrucciones climáticas ya existentes para el norte de México y determinar el grado de correlación.
4. Analizar la influencia del ENSO (El Niño Oscilación del Sur) en las condiciones climáticas de la región de Saltillo, Coah.

REVISIÓN DE LITERATURA

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE *Pseudotsuga menziesii*

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco, conocido como el Pino de Oregón, fue descubierto por Menzies en la Isla de Vancouver en 1792. El Pino de Oregón, *Pseudotsuga*, también conocido como Abeto Douglas, es una conífera originaria del occidente de Norteamérica y que ocupa un área muy vasta que va desde México (12° N) hasta Columbia Británica (55° N) Canada, en un recorrido de más de 4500 km, y desde la costa del Pacífico hasta las vertientes de las Montañas Rocallosas. La gran extensión de su área de distribución da lugar a la existencia

de grandes variaciones genética. Botánicamente se distinguen dos variedades: *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* y la *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*. La variedad *menziesii* habita en las regiones costeras del Pacífico, en los estados de California, Washington y Oregón, EUA y Columbia Británica, Canadá, la variedad *glauca*, de follaje más azulado, ocupa un área continental con menores precipitaciones e inviernos más rigurosos, tolerando elevaciones muy altas. Su menor crecimiento y su sensibilidad a la caída de las acículas hace que no se emplee cuando el clima es atlántico (Agrobyte, 2002).

Para México, Rzedowski (1983) menciona que las comunidades de *Pseudotsuga* se presentan a lo largo de la Sierra Madre Occidental, desde Sonora y Chihuahua hasta Zacatecas y Durango, en diferentes localidades de Coahuila y Nuevo León, en la parte más alta de la Sierra de Pachuca, Hidalgo y en una pequeña área del centro de Puebla, así como en Tlaxcala.

Para 1983, se reporta una nueva localidad para el género *Pseudotsuga* en la región de Huayacocotla, Veracruz (Domínguez, 1983). Debreczy y Rácz (1994), al hacer una exploración botánica descubren otra localidad para este género en Oaxaca, siendo la distribución conocida más al sur.

DESARROLLO DE LA DENDROCROLOGÍA

Las primeras observaciones que relacionaron el ancho de los anillos de los crecimientos de los árboles con el clima datan del siglo XV, y fue el propio Leonardo da Vinci quien reconoció la correlación entre las precipitaciones y los anillos anuales (Dendrocronología, 2002).

En el año 1901, Andrew E. Douglass, conocido como “el padre” de la dendrocronología, observó que los anillos expuestos en un tronco cortado de un pino en Flangstaff, Arizona EUA, exhibían variaciones en el ancho, se preguntaba si los árboles de Arizona eran influenciados más por la humedad disponible que por la competencia dentro del rodal y si la carga de humedad tenía un efecto de correlación sobre el ancho de los anillos. Douglass analizó que si esto fuera así, los años secos deberían registrarse como anillos delgados y podría usar el ancho de los crecimientos como una prueba para un registro de largo alcance del clima en el tiempo. No fue hasta 1911 que Douglass reconoció el verdadero significado de sus observaciones.

De esta manera estableció el cofechado, un procedimiento que él reconocía podía ser aplicado en áreas donde el crecimiento de un anillo es frecuentemente limitado por el clima. Observó dos importantes implicaciones en su descubrimiento: La primera que el cofechado podría ser usado como una herramienta cronológica para identificar el año calendario exacto en que se desarrollaron los anillos de crecimiento, al estudiar la forma de anillos anchos y

delgados. Para esto se requiere que el año del último anillo sea conocido y que las variaciones relativas de los anillos sean observadas en muchos árboles. Los modelos de crecimiento de anillos anchos y delgados en sí representan un registro de las condiciones ambientales sobre una región. La segunda que las variaciones del ancho de algunos de los anillos se puede atribuir a las condiciones locales del hábitat de los árboles, pero una gran parte de la variación se puede observar en todos los árboles y de este modo se refleja que esto ocurre sobre toda la región (Fritts, 1976).

Formación del anillo de crecimiento

Cada anillo es el resultado de un crecimiento anual que inicia en primavera y culmina en verano o principios de otoño, de tal manera que un anillo de crecimiento se presenta cada año (Fritts, 1976). En las Gymnospermas, las traqueidas de la madera temprana tienen un diámetro radial mayor y una membrana secundaria más fina que las que se diferencian más tardíamente (Gemmell, 1969). Un mayor diámetro en la traqueida en la madera temprana es una respuesta a la función principal que desempeña: el transporte. La madera tardía, por su parte, cumple dos funciones: el transporte y la resistencia mecánica, por lo que, un diámetro reducido junto con una pared gruesa puede evitar embolismos (Bernal y Terrazas, 2000).

Los términos madera temprana y madera tardía se usan, respectivamente para distinguir entre el inicialmente menos denso y el subsiguiente crecimiento más denso formado durante la secuencia del crecimiento radial. La diferencia

estructural entre la madera tardía de una estación y la madera temprana del año siguiente, es la base para el reconocimiento de la naturaleza periódica de producción de madera tal como se ve claramente en el anillo anual. La transición de madera temprana a tardía está asociada con dos aspectos experimentalmente separables, pero que coinciden normalmente, la diferenciación del xilema celular, disminución del tamaño de la célula y aumento del grosor de la pared celular (Esau, 1965; Stokes y Smiley, 1968; Fritts, 1976).

Factores que influyen en la formación del anillo

Fritts (1976) menciona que la relación entre el clima y el ancho de anillos ocurre debido a que el crecimiento de la planta está influenciado por diversas condiciones ecológicas, las cuales varían a través del ciclo de vida de la planta y en ciertos períodos pueden afectar el crecimiento y la forma de muchas estructuras de la misma. Las condiciones limitantes específicas que pueden afectar el crecimiento de la planta pueden clasificarse como factores externos e internos. Siendo los factores externos: agua, temperatura, luz, dióxido de carbono, oxígeno y sales minerales y los factores internos: Factores internos: cantidad de nutrientes disponibles, minerales, reguladores de crecimiento, enzimas y agua.

Los factores ambientales, como un fotoperíodo corto y la sequía, disminuyen el alargamiento de los brotes y activan la formación de la madera tardía, en condiciones de fotoperíodo largo se forma madera temprana y esto se correlaciona con el contenido de auxina elevado en el brote que crece rápidamente (Larson, 1962).

Estudios realizados en *Pinus resinosa* demuestran que el engrosamiento de la pared en la formación del leño tardío está asociada con la mayor disponibilidad de productos de la fotosíntesis a medida que madura el follaje del brote, en general la transición del leño temprano al tardío está asociada con dos sucesos: (1) la repentina disponibilidad de productos de la fotosíntesis para la zona del cámbium, asociado con la maduración de las hojas de los brotes del año y (2) disminución del nivel de auxina cuando el crecimiento en extensión cesa en la copa (Gordon y Larson, 1968).

La actividad del cámbium vascular se asocia estrechamente con la cantidad de fotosintatos disponibles y el metabolismo hormonal del árbol y éstos con el fotoperiodo, la disponibilidad de agua y la temperatura que modifican, en conjunto, la tasa fotosintética en los árboles (Larson, 1962; Torelli *et al.*, 1986; Venogupal y Krishnamurthy, 1987).

Precipitación

Aunque el crecimiento estacional total del árbol es el resultado de muchos factores entrelazados, como genéticos y ambientales, en el suroeste americano, la precipitación es el factor ambiental que domina limitando principalmente el crecimiento (Stokes y Smiley, 1968). Afortunadamente, la variación en la precipitación total anual en el suroeste es grande y a su vez la variación de estas condiciones es registrada por los árboles, desarrollando patrones de anillos anchos y estrechos, modelos básicos que permiten el fechado cruzado entre árboles que crecen a muchos kilómetros de distancia.

REGISTROS HISTÓRICOS AMBIENTALES

Los primeros registros de temperatura medidos con termómetros son de periodos de finales del siglo XVII y principios del XVIII en el oeste de Europa. Con el tiempo los registros climáticos en todo el mundo se han venido incrementando, pero desafortunadamente no homogéneamente, de tal forma que, para el noroeste de México la mayoría de los registros climáticos apenas inician a mediados del siglo XX. Como el calentamiento global es un tema de gran importancia mundial, se han elaborado diversos modelos como los modelos de circulación general ó modelos climáticos globales (General Circulation Models, o Global Climate Models, GCMs), para examinar los posibles cambios provocados por la emisión antropogénica de gases de invernadero a la atmósfera. Pero, debido a que el cambio climático no se ha dado de la misma forma en todas las regiones del mundo, resulta importante conocer qué es lo que sucede en cada una de estas, lo que servirá para realizar ajustes más finos a los modelos (Díaz, 2002). A falta de una basta cobertura temporal y espacial de registros medidos por el hombre, se pueden utilizar diversos registros históricos ambientales llamados Proxy.

Registros proxy

Los registros proxy son sistemas naturales que dependen del clima, que estuvieron presentes en el pasado y que aún existen, por lo que se puede derivar información paleoclimática de ellos. Estos registros contienen una señal climática, la cual puede ser débil embebida en mucho “ruido” provocada por el efecto de otras influencias no climáticas (por ejemplo terremotos, erupciones volcánicas,

avalanchas, o biológicas como edad, enfermedades y competencia, entre otras.). Para extraer la señal paleoclimática de los datos proxy, primero se debe hacer una calibración del registro. La calibración involucra el uso de registros climáticos modernos y los materiales proxy, para entender cómo y cuán extenso son los materiales proxy dependientes del clima. El análisis de estos registros se basa en el principio de uniformidad, el cual asume que las relaciones modernas observadas han operado de la misma forma a través del tiempo (Bradley, 1999). Entre los principales tipos de registros proxy se encuentran: datos históricos, sedimentos lacustres y marinos, análisis de polen, arrecifes coralinos, núcleos de hielo, depósitos de neotomas, dendrocronología y dendroclimatología.

Datos históricos

Información climática pasada tanto cualitativa como cuantitativa que se puede obtener a partir del análisis adecuado de registros históricos. La obtención de información climática a partir de registros históricos se basa en la relación de los efectos que provocaron algunos fenómenos naturales en los diversos sitios y grupos sociales en que se presentaron en distintas épocas. Fenómenos climáticos tales como sequías prolongadas, heladas e inundaciones, abatieron de manera drástica las actividades productivas provocando desabasto, escasez y carestía, o modificando las características del paisaje. Para México, una buena fuente de información que permite conocer más sobre el periodo colonial se encuentra en los registros de alhóndigas, pósitos y registros de diezmos. Pero estos registros muestran únicamente el reflejo de lo que pasaba en las grandes ciudades de la

Nueva España y sus entornos, por lo que para muchas regiones no existe esta información (Florescano y Swam, 1995).

A finales del siglo XX aparecen ya las gacetas y los periódicos que ofrecen una posibilidad más de obtención de datos sobre fenómenos naturales. Existen otras fuentes de información que pueden ampliar el abanico histórico, como podrían ser los registros de tributo, los informes de virreyes, diarios de viajeros o crónicas de soldados y religiosos (García y Escobar, 2000).

Sedimentos lacustres y marinos

El fondo de algunos lagos y mares revelan variaciones estacionales en el contenido y color de las capas sedimentarias, estratificaciones llamadas varvas, que comúnmente pueden verse a simple vista. Los investigadores barrenan núcleos de los fondos de las cuencas para analizarlos. Los sedimentos se forman de materiales que fueron producidos en el cuerpo de agua o que han sido lavados de las tierras cercanas entre los que se encuentran restos de organismos. El análisis de los depósitos revela variaciones en los isótopos de oxígeno del material calcáreo causado por fluctuaciones en el volumen del océano que reflejan temperaturas globales y periodos glaciales. Las variaciones de patrones climáticos pueden derivarse tanto por la identificación de especies estenotérmicas como por análisis radioisotópico (Gates, 1993).

Análisis de polen

Los granos de polen producidos por las plantas tienen formas distintivas que pueden utilizarse para identificar el tipo de planta de la que provino. El análisis de los granos de polen preservados en capas de sedimentos que se forman en los fondos marinos o lacustres, indican que tipo de planta creció en el tiempo en el que se depositó el sedimento y de esta forma se pueden inferir las condiciones climáticas. Israel-Alcántara *et al.* (1998) quienes trabajaron en el lago de Cuitzeo, Michoacán, generaron información paleoambiental desde hace 35,000 años A. C. Otro trabajo es el realizado por Castañeda (1998) quien al encontrar restos de mamut en la cuenca del Lerma, México, y mediante análisis palinológico, pudo inferir el ambiente en el que vivió este animal.

Arrecifes coralinos

Los corales se desarrollan en mares cuya temperatura superficial es mayor a los 22-23° C, por lo que su distribución se limita a las regiones tropicales. El esqueleto del coral está compuesto de carbonato de calcio con diferencias de densidad debido a variaciones en la tasa de crecimiento, la cual está relacionada con las condiciones de temperatura y nubosidad, por lo que los corales exhiben bandas estacionales de crecimiento. El carbonato contiene oxígeno e isótopos de oxígeno, así como metales traza que pueden usarse para determinar la temperatura del agua en la que el coral creció. Los registros de temperatura se usan para reconstruir el clima durante el periodo que el coral vivió, el cual puede llegar a ser de cientos o miles de años (Andrews, 1996). Investigaciones de este tipo se han realizado por Dunbar (1998) quien reconstruyó la variabilidad climática

relacionada con el ENSO (El Niño Oscilación del Sur) desde 1853 en la región tropical del este del Océano Pacífico.

Núcleos de hielo

En lo alto de las montañas o en los casquetes polares, el hielo se acumula en capas anuales producidas durante las nevadas. El hielo provee un registro único, no solo de precipitación, sino de temperatura del aire, composición atmosférica, la ocurrencia de erupciones volcánicas y variaciones pasadas de la actividad solar (Bradley, 1999).

El grosor de la capas varía de acuerdo con la temperatura. Se han llegado a contar capas anuales que llegan 6000 años atrás en un núcleo mayor a 2 km de profundidad, con una exactitud no mayor de 50 años (Greene, 1995).

Depósitos de neotomas

En los ambientes áridos, la rata de campo del género *Neotoma* construye su madriguera en lugares muy protegidos. Estas madrigueras tienen áreas de depósitos donde van acumulando capas de materiales que traen de su alrededor. Los materiales incluyen hojas, polen, tallos, huesos de animales, partes de insectos, rocas, etc. que se preservan en muy buenas condiciones al estar en lugares secos y protegidos, además de estar endurecidos por la orina del ratón, que les da una apariencia cristalina oscura. De esta forma se pueden encontrar depósitos antiguos que han persistido a cambios ambientales y que revelan muestras de comunidades bióticas pasadas. Las muestras se fechan con la ayuda

del análisis de isótopos de carbón para tener un registro del cambio de vegetación y del clima a través del tiempo (Finley, 1990). Van Devender (1990) basado en la composición de la vegetación, resultado del análisis de los nidos de *Neotomas* spp. en el desierto de Sonora, describe evidencias de cambio climático durante el Cuaternario tardío.

Dendrocronología

La palabra dendrocronología del griego: *dendros* significa árbol, *cronos* tiempo y *lagos* conocimiento. La dendrocronología es el conocimiento o estudio de la edad de los árboles. Si se considera a cada árbol como un instrumento capaz de registrar todos los fenómenos que ocurren en el medio que lo rodea, la dendrocronología no es otra cosa que la ciencia que interpreta, o “lee” ese registro ambiental (Dendrocronología, 2002).

En las regiones templadas donde hay una marcada estación de crecimiento, los árboles generalmente producen un anillo anual de crecimiento que registra las condiciones climáticas imperantes de ese año (Figura 1). De esta forma se pueden presentar patrones en el ancho, densidad y composición isotópica de sus anillos, que refleja las variaciones climáticas. Así, con el análisis dendroclimatológico es posible fechar con seguridad años individuales y se puede obtener un registro continuo de más de mil años de duración con información paleoclimática de alta frecuencia (Fritts, 1976). Este tipo de registro proxy es el utilizado en el presente estudio.

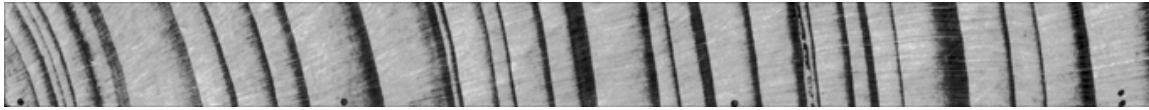


Figura 1. Imagen que muestra los anillos de crecimiento (Grissino-Mayer, 1993)

Dendroclimatología

La dendrocronología se define como el estudio de los anillos de crecimiento arbóreo para fechar eventos pasados, se habla de dendroclimatología cuando estos eventos pasados son climáticos (Stokes y Smiley, 1996).

Así mismo de acuerdo con Stokes y Smiley (1996), la dendrocronología se hace posible por el hecho que en muchos árboles el crecimiento anual de los anillos es visible en sección cruzada, en lugar que todos parezcan igual, exhiben los modelos característicos. Cuatro condiciones son necesarias para que estos modelos sean utilizados en el fechado de una muestra.

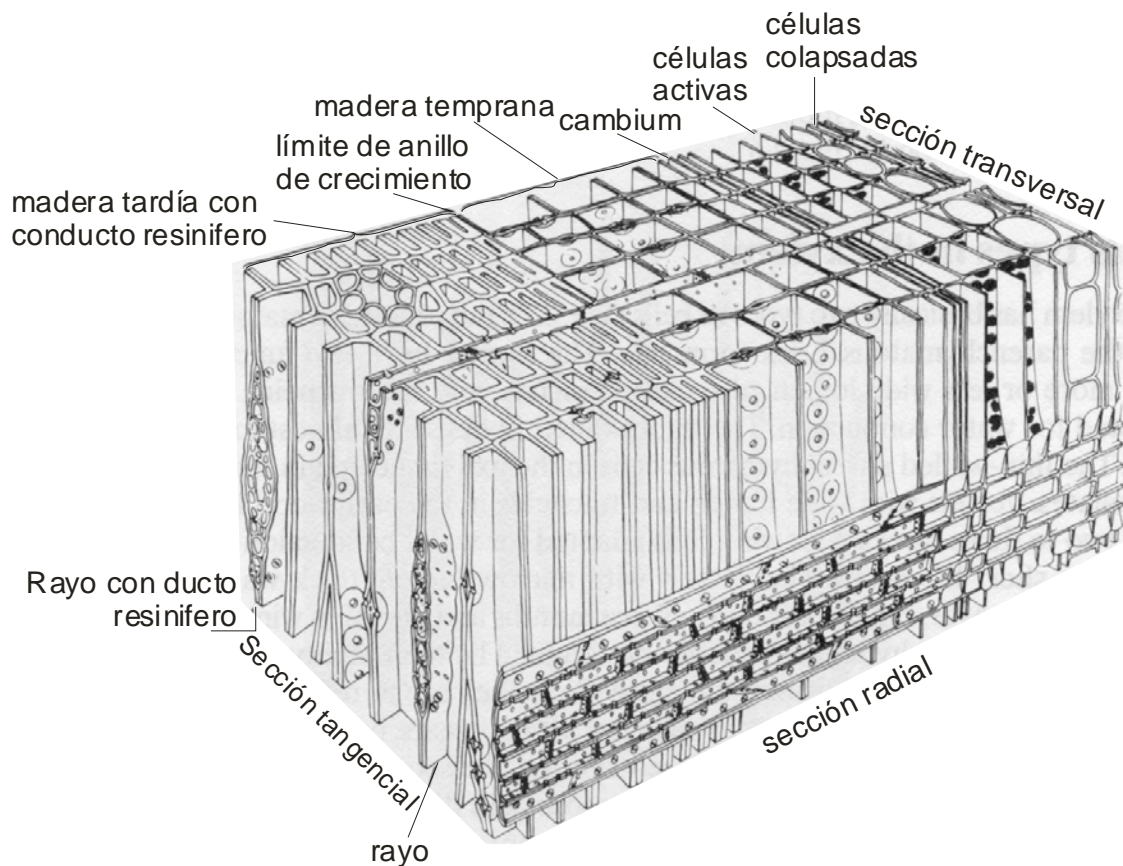
1. La primera condición es que los árboles deben presentar sólo un anillo para cada estación creciente; lo que se habla del anillo anual. No pueden usarse especies que agreguen más de un anillo claro durante una estación creciente en la actualidad para el propósito del fechado.

2. La segunda condición es que aunque el crecimiento estacional total es el resultado de muchos factores entrelazados, como genéticos y ambientales, que sólo un factor ambiental debe dominar, limitando el crecimiento. En el Suroeste americano, este factor limitante que domina es la precipitación.

3. La tercera condición es que el crecimiento-limitado por el factor climático debe variar fielmente en intensidad de año a año y los anillos anuales resultantes reflejen tal variación en su anchura. Aunque la anchura del anillo no es necesariamente, directamente proporcional a la precipitación, el anillo debe ser estrecho en años de sequía y notoriamente más ancho en años lluviosos.

4. La cuarta condición es que la variable crecimiento-limitado por el factor ambiental debe ser uniformemente eficaz sobre un área geográfica grande. Si esto no fuera así, las cronologías compuestas tendrían que ser copiladas para cada área pequeña.

El anillo anual de crecimiento del xilema se forma al exterior del que se formó en el año anterior y se divide en dos partes, madera temprana y madera tardía (Figura 2). Las células (traqueidas) de la madera temprana se forman al inicio de la época de crecimiento, durante un periodo rápido de crecimiento radial. En la madera tardía la actividad del cambium decrece y las traqueidas presentan paredes gruesas con cavidades progresivamente más chicas. El contraste de las últimas células con las primeras del año siguiente es lo que delimita a un anillo.



Madera de Conífera

Figura 2. Estructura celular de la madera de Gimnospermas (coníferas) (Fritts, 1976).

Al obtener las muestras de árboles vivos, las cronologías son tan antiguas como la longevidad de la especie utilizada. Sin embargo, las cronologías se pueden incrementar, cuando el patrón de los anillos de crecimiento de muestras obtenidas a partir de tocones, troncos fósiles, o construcciones arqueológicas donde hayan utilizado troncos, coincida con parte de la cronología conocida, para asignar las fechas de los anillos de crecimiento (Figura 3). Entre las cronologías más largas del mundo se puede citar la de *Pinus longaeva* Edm. en California con 8,400 años; la de *Picea/Larix* en Europa con una duración cercana a los 6,000

años; la de *Quercus* de 7,250 años también en Europa; la de *Austrocedrus* en Argentina y Chile con 1,100 años y *Limbo Cedrus* en Australia con 700 años, entre otras (Schweingruber, 1987). A la fecha hay más de 500 especies de árboles y arbustos con las que se han efectuado análisis dendrocronológicos, (Grissino-Mayer, 1993).

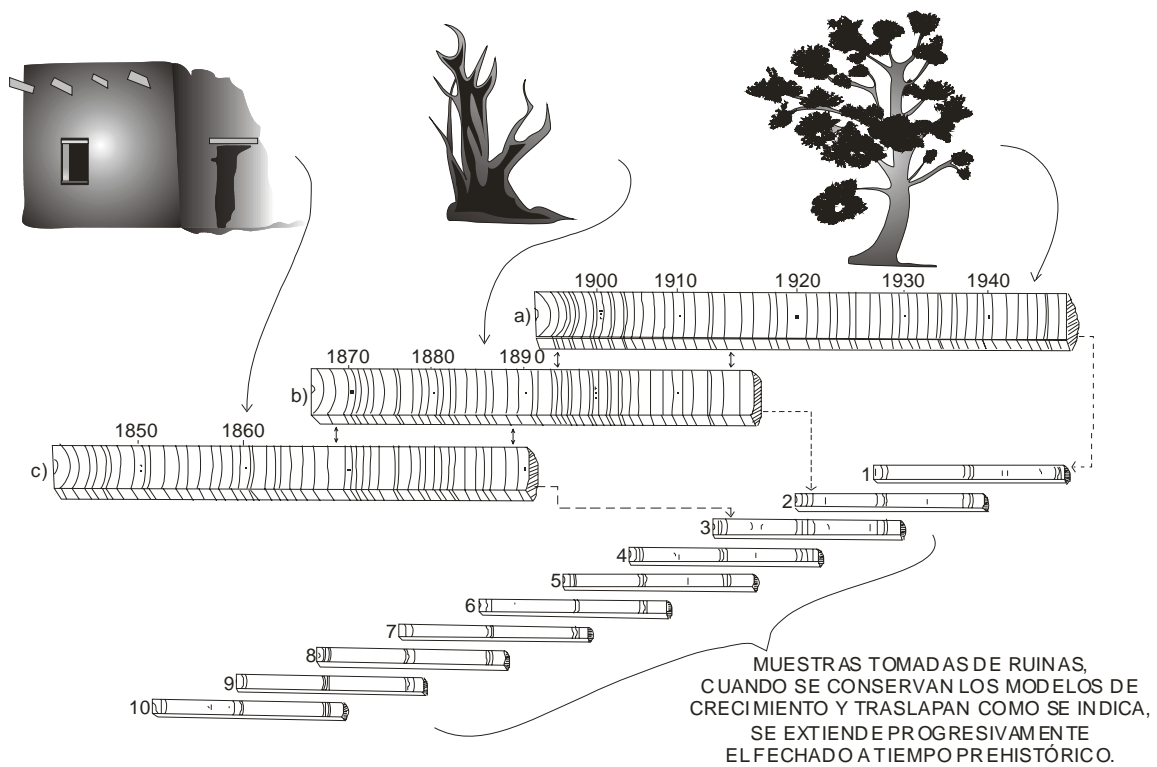


Figura 3. Principios de la dendrocronología: a) árbol vivo, b) árbol muerto y c) madera de ruinas (Stokes y Smiley, 1996).

PROBLEMAS PARA EL FECHADO

Anillos perdidos o ausentes

Una complicación que a veces se presenta en el proceso de fechado cruzado es la situación de ausencia de un anillo anual en el árbol donde la muestra fue tomada. Un anillo se compara a un cono largo, delgado. El espesor de este cono no es uniforme a lo largo y ancho del tallo, por consiguiente, las anchuras relativas de los anillos a probar de cualquier lugar variarán ligeramente. Los problemas se presentan, sin embargo, cuando los anillos se encuentran cerca de años muy secos.

Un anillo se forma anualmente, cada estación de crecimiento, pero en años de crecimiento sumamente pequeño este anillo no puede mostrar cada punto en el ancho del cono (Figura 4). Durante ciertos años, el crecimiento en el árbol probablemente sólo ocurra en puntos de tensión, como el lado de la pendiente de un tronco o en un punto cerca y bajo las ramas. Puesto que éstas normalmente son las áreas que se evitan utilizar, es posible obtener un centro o la sección cruzada donde un anillo no puede verse. Estos anillos “perdidos” pueden descubrirse fácilmente durante el proceso de fechado cruzado de varios individuos. Los modelos del anillo se emparejaran o encimaran anillo-por-anillo al año donde un anillo está perdido en una de las muestras. El conteo de los anillos será un año fuera del punto siguiente, a menos que en la corrección se haya insertando un “anillo” al lugar apropiado en la secuencia (Stokes y Smiley, 1968).

Pueden localizarse anillos ausentes. La muestra de la Figura 5B, probablemente no es fechable y un punto importante es que no todos los anillos en las muestras son fechables (Sheppard, 2002).

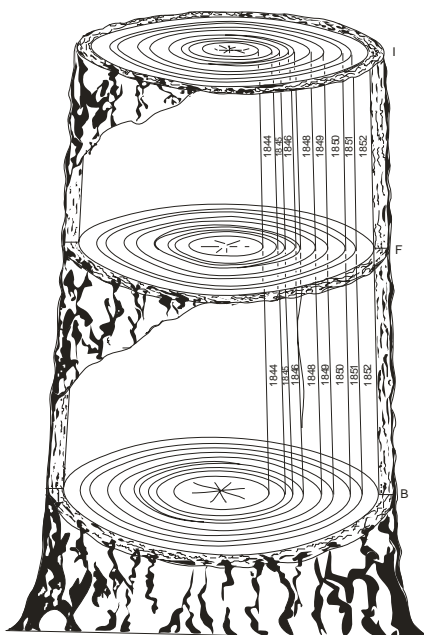
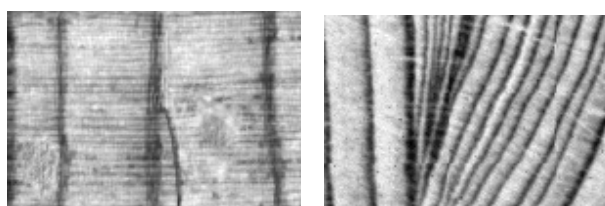


Figura 4. Diagrama que ilustra la porción basal del tallo de un árbol. Muestra la superficie de secciones en tres niveles, cada uno de los anillos es conectado con una línea vertical. El anillo representado por el año 1847 está ausente en la sección inferior, aparece como un lente entre B y F y aparece como anillo pequeño en la sección F – I (Stokes y Smiley, 1996).



P.R. Sheppard "A"

H.C. Fritts "B"

Figura 5. Anillos perdidos, la sección "A" muestra una pequeña parte de un anillo perdido sin problemas para ser reconstruido, "B" presenta una serie de anillos perdidos, posiblemente fechables si se cuenta con una sección transversal.

Anillos dobles o falsos

Otra anomalía que se presenta en el proceso de fechado es la ocurrencia ocasional de “falsos anillos”, o “anillos dobles”, en la viruta o sección transversal. Los dos términos se usan aquí intercambiablemente porque el efecto es el mismo. Hay varias maneras posibles de descubrir anillos falsos.

Frecuentemente, la madera tardía, última en formarse en un anillo falso no se delinea claramente, la madera tardía gradualmente se mezcla con la madera temprana de color claro (Figura 6A). Esta combinación gradual en el borde exterior de un anillo falso, como contraste con el cambio abrupto de la madera tardía a la madera temprana en anillos normales, es la mayor característica distinguible de anillos falsos y la cual es fácil de detectar con una lente de mano en una superficie bien preparada.

Si una sección transversal está disponible, un anillo que presente este problema puede observarse alrededor de la circunferencia entera. Si la madera tardía es de circunferencia discontinua, es un anillo falso. Con amplificación algo más alta otros detalles de diagnóstico se pueden notar. A veces la madera temprana de células delgadas puede verse completamente a través de la falsa madera tardía.

En muestras con conductos de resina, comúnmente, uno puede observar que la madera tardía falsa termina en un conducto, mientras la verdadera madera tardía rodea el conducto que lo incorpora en el anillo anual (Figura 6B). Cuando

estos métodos de identificación fallan, a veces pueden descubrirse anillos falsos cuando las muestras del mismo sitio son traslapadas y fechadas anillo-por-anillo (Stokes y Smiley, 1968).

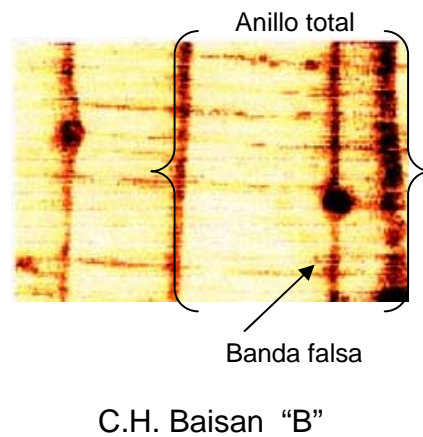
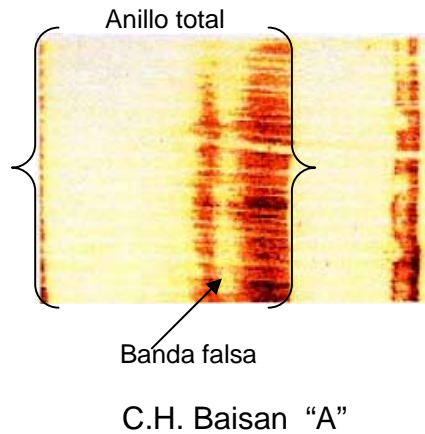


Figura 6. Anillos dobles, "A" indica una banda falsa, se aprecia la combinación de ambas porciones de madera, no existe un cambio claro entre madera temprana y madera tardía, "B" muestra de la misma una banda falsa identificada por la posición del conducto de resina.

SENSIBILIDAD Y FALTA DE SENSIBILIDAD EN EL CRECIMIENTO DE LOS ANILLOS DEL ÁRBOL

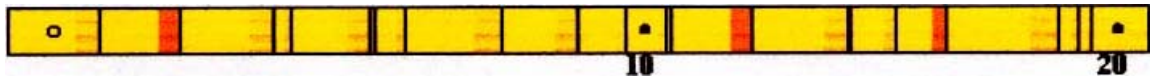
Sensibilidad en el crecimiento del árbol:

Se define como el grado alto de variación anual, anillos anchos y delgados se observan intermedios cercanamente a través de los anillos de crecimiento o viruta, el factor que limita el crecimiento es la lluvia, que de año a año se muestra muy inconstante y es responsable de la variación anual, árboles con crecimiento bastante sensible son los mejores individuos para fines dendrocronológicos (Figura 7A) (Sheppard, 2002).

Falta de Sensibilidad en el crecimiento del anillo del árbol:

Se define como el grado bajo de variación anual, el ancho de los anillos es similar durante muchos años consecutivos, el factor lluvia limitante de crecimiento no es inconstante de año a año, el emplear muestras de crecimientos no sensibles pueden dificultar el fechado, este tipo de muestras son poco útiles para fines dendrocronológicos (Figura 7B) (Sheppard, 2002).

Sensibilidad: "A"



No Sensible: "B"



Figura 7. Series de anillos de crecimiento, "A" sensible a las condiciones ambientales (alta variabilidad anual), "B" no sensible (Baja variabilidad anual).

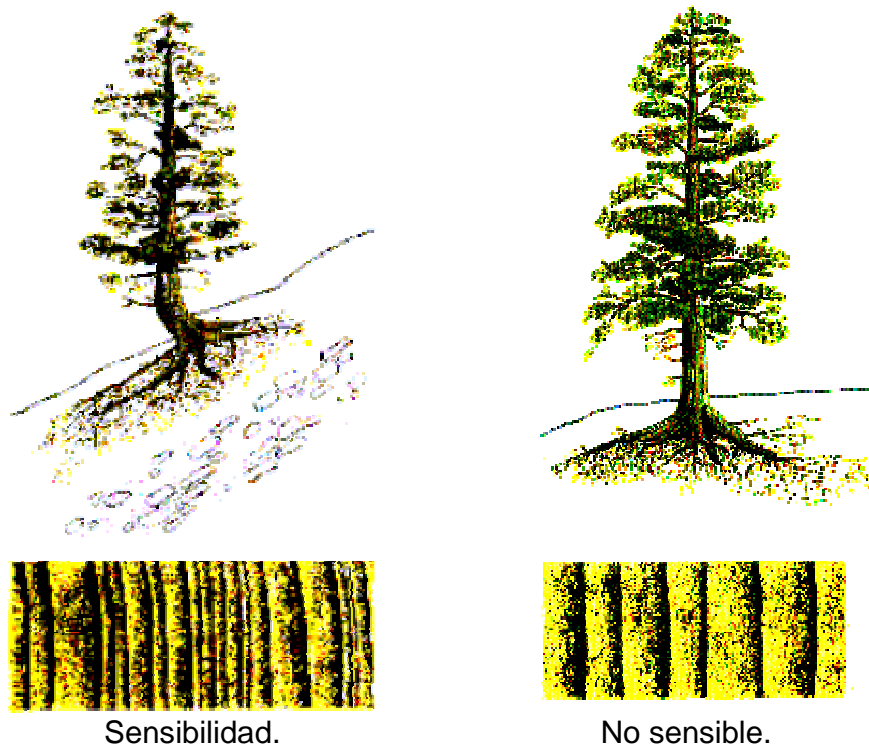


Figura 8. Diferentes modelos de crecimiento, uno sensible y otro no sensible a las condiciones ambientales (Stokes y Smiley, 1996).

Una inspección de anillos bajo un microscopio puede proporcionar una idea acerca de qué a menudo el clima se vuelve una limitante para el crecimiento. El árbol con mayor sensibilidad ha estado limitado por factores ambientales, el árbol más sensible exhibirá variación en anchura de anillos cercanos. El dendrocronólogo se refiere a esta variabilidad en anchura del anillo como sensibilidad y a la falta de variabilidad de anchura como no sensible. Tales fluctuaciones en anchura de los anillos pueden ser estimadas cualitativamente por inspección visual de los anillos, o calcularse las medidas de anchura y expresarse como una estadística llamada sensibilidad que es una medida de las diferencias relativas en anchura entre los anillos adyacentes (Fritts, 1976).

ESTUDIOS DENDROCRONOLÓGICOS

Reconstrucciones de precipitación

Las primeras cronologías de anillos de árboles desarrolladas para México se realizaron en el periodo de 1940 a 1950 (Schulman, 1944, 1956). Scott (1966) con muestras de ruinas generó una cronología de 485 años para lograr fechar porciones de las ruinas de Casas Grandes, Chihuahua, cronología datada de 851 a 1336 A.D. Como parte del proyecto mexicano de anillos de árboles, de la Universidad de Arizona, Stokes y Taylor en la década de 1970, desarrollaron para México 20 cronologías de anillos de árboles.

Naylor (1971) evaluó el potencial dendrocronológico de cuatro especies de pinos oaxaqueños, sin tener éxito. Sin embargo, Suzan y Franco (1981) encontraron que *P. hartwegii* Lindl. localizado en los bosques de los volcanes del centro de México, podía ser fechado, desarrollando una cronología de 200 años (1780-1980); sin embargo, encontraron que las series de ancho de anillo no son muy sensibles a cambios climáticos. Suzan y González (1984) y Suzan (1985) desarrollaron cronologías cortas de *P. nelsonii* Shaw en Miquihuana Tamps. para investigar la respuesta climática. Serrano *et al.* (1990) analizaron el potencial dendrocronológico de *Abies religiosa* Kunth. para reconstrucción de temperatura en el Desierto de los Leones, México. Sin embargo, fueron Huante *et al.* (1991) quienes demostraron el buen potencial dendrocronológico de *Abies religiosa* en Michoacán, al desarrollaron una cronología corta, pero climáticamente sensible para el período 1922-1986.

La reconstrucción de la precipitación para el periodo invierno-primavera para Durango, México, muestra la presencia de eventos extremadamente secos que asolaron esta región en los periodos de 1540 a 1579, de 1751 a 1765, de 1798 a 1810, de 1850 a 1860 y de 1950 a 1965, que tuvieron consecuencias ecológicas y sociales de gran magnitud. La peor sequía de finales de 1300's al presente ha durado de 1540-1579 (Cleaveland *et al.*, 2003). Los valores indican, que la sequía para la década de 1950 fue la más severa en el siglo XX, pero fue igualada y superada en severidad por la sequía prolongada de las décadas de 1850 y 1860, la sequía más severa que impactó al estado de Durango en los últimos 600 años, ocurrió en los periodos de 1560 a 1570, de 1850 a 1860 y de 1950 a 1960 (Stahle *et al.*, 1999).

Villanueva y McPherson (1999) en estudios dendroclimáticos en montañas del suroeste de los Estados Unidos de América y del Norte de México encontraron respuestas climáticas similares. Este resultado fundamenta la hipótesis, de que la respuesta de los árboles a condiciones climáticas extremas (años húmedos y secos) se presenta aún en sitios geográficamente distantes. En general, la precipitación reconstruida fue muy similar entre las montañas estudiadas. Los periodos húmedos y secos más importantes durante los últimos 150 años, se presentaron en los periodos de 1847 a 1850, de 1905 a 1922 y de 1983 a 1988. Sin embargo, los periodos secos difieren, pero coincidieron para los años secos de 1904, 1936 y 1955. Los periodos 1899–1904 y 1950–1960, se clasifican entre los periodos cortos de sequía más extremos durante los últimos 1000 años (D'Arrigo y Jacoby; 1992, Betancourt *et al.*, 1993; Grissino-Meyer, 1995). A pesar de que la

severidad de la sequía ha variado entre reconstrucciones, para el noroeste de Nuevo Mexico, la reconstrucción de precipitación, permite sustentar la idea, de que el periodo seco 1950–1960 fue el más severo de todos.

Pseudotsuga menziesii se localiza en altas elevaciones de la Sierra Madre Oriental en Coahuila y Nuevo León (Rzedowski, 1983). Un estudio desarrollado con muestras de *P. menziesii* en Cerro Potosí en Nuevo León, ha permitido desarrollar una cronología relativamente corta pero extremadamente sensible, datada de 1845 a 1995 (Stahle *et al.*, 2000).

Para la región de Durango, con muestras de las Bayas, sitio localizado al sur del estado de Dgo. en la región alta de la cuenca del Río Mezquital, se desarrolló una nueva reconstrucción para el período invierno-primavera de 321 años (1681–2001), reconstruyendo eventos secos, siendo el más extenso de 1971–2001, período en el que se presentaron cinco de los 16 años más secos de los últimos tres siglos (1974, 1978, 1989, 1991 y 1999) (González, 2003).

Se desarrolló una reconstrucción de precipitación de 219 años (1782 – 2000), para Sierra Las Alazanas, reconstruyendo extensas sequías para Saltillo, en los períodos de 1860-1870's, 1950's, 1970's y en los 1990's (Pohl *et al.*, 2003).

El *Pinus aristata* Engel. más viejo que vive en las Montañas Blancas de California tiene aproximadamente 4600 años, usando la dendrocronología se ha podido llevar acabo una comparación (fechado cruzado) cuidadosa con troncos

muy viejos de árboles muertos mucho tiempo atrás, por lo que la cronología se ha ampliado a 7100 años (Ferguson, 1968). Recientemente se ha logrado extender en dos milenios más, ya que se encontró un *Pinus aristata* de aproximadamente 9000 años, datado por análisis de C¹⁴, en las Montañas Blancas de California.

El ahuehuete (*Taxodium mucronatum* Ten.) es el árbol nacional de México y se desarrolla en hábitats riparios a lo largo de la República Mexicana (Martínez, 1963). Actualmente se están desarrollando cronologías con ahuehuete (*T. mucronatum*) en áreas subtropicales de México, así como identificando nueva especies potencialmente útiles en aspectos dendrocronológicos, con el fin de realizar reconstrucciones climáticas, en especial reconstrucciones de precipitación. A la fecha se han desarrollado excelentes cronologías de ahuehuete con árboles localizados en el Río Sabinas, Tamps. con una extensión de 1474 A.D. a 1995, y en Río Verde al sur de S. L. P. se cuenta con una cronología de 1574 A.D. a 1996 (Stahle *et al.*, 2000).

Una especie muy emparentada con *Taxodium mucronatum* es *Taxodium distichum*, el cual produce anillos de crecimiento anual, sensibles a variaciones anuales de precipitación, en el sureste de los Estados Unidos, esta especie ha sido ampliamente utilizada para reconstrucciones históricas de precipitación (Stahle y Cleaveland, 1992).

Nuevos estudios con anillos de árboles, analizan la variabilidad histórica del clima en México. Biondi (2001) en una cronología de *P. hartwegii* de 400 años de

longitud, procedente del Nevado de Colima, indica que la precipitación del verano debido al monzón, es la que más influye en el crecimiento de la especie. Therrel *et al.*, (2002) con el uso de cronologías de árboles de las regiones centro y norte de México, definió el inicio del período de lluvias en estas regiones y su relación con el monzón mexicano.

El análisis dendrocronológico del pino piñonero (*Pinus lagunae* Robert Passini) de la Sierra de La Laguna, B. C. S. permitió obtener una reconstrucción total de 165 años (1833 a 1997). En la serie reconstruida se aprecia un periodo de sequía prolongada de 1939 a 1958, así como su relación con el fenómeno de El Niño, lo cual podría suponer que la gran sequía que sucedió en el suroeste de Estados Unidos inició antes en Baja California Sur (Díaz, 2002).

Así mismo, para la reconstrucción de la precipitación de invierno-primavera desde 1647 a 1992 para la región de Chihuahua, Díaz (2002) empleo seis cronologías de madera temprana de *Pseudotsuga menziesii*. En la serie reconstruida, los 5 años más secos en orden de severidad corresponden a 1974, 1954, 1742, 1980 y 1820, siendo el periodo más largo de sequía en la serie de 346 años de 1948 a 1956.

Las cronologías de anillos de árboles en México son particularmente sensibles a la precipitación y aquellas derivadas de la región norte, registran la influencia de Niño-Oscilación del Sur (ENSO) y del Monzón. Una red de cronologías de anillos de *Pseudotsuga menziesii* con una extensión de más de

300 años, se ha desarrollado en sitios de la Sierra Madre Occidental y Oriental (Stahle *et al.*, 1998; Villanueva *et al.*, 2003).

Actualmente la red de cronologías de *Pseudotsuga menziesii* para México se ha incrementado, ya que en los últimos años se ha logrado desarrollar alrededor de 10 nuevas cronologías con una extensión de más de 500 años (Villanueva *et al.*, 2003).

El análisis de cronologías desarrolladas tanto para el norte de México como para el suroeste de Estados Unidos ha permitido observar periodos de sequías prolongadas que coinciden entre ellas pero que al parecer se inician primero en México desplazándose posteriormente al suroeste de Estados Unidos (Stahle *et al.*, 2000).

En el norte de Argentina y Bolivia, las características estadísticas de dos nuevas especies tropicales *Cedrela angustifolia* y *Juglans australis* reflejan su potencial para ser utilizadas en el desarrollo de cronologías (Villalba *et al.*, 1985).

Fitzroya cupressoides, es una conífera longeva de los bosques de Chile y Argentina puede ser empleada en el desarrollo de extensas cronologías. Actualmente la cronología de Río Císne, Argentina, es una de las más extensas en el Hemisferio Sur, cronología de (1534 años), de 441 a 1974 (Boninsegna y Holmes, 1985).

Reconstrucciones de temperatura

En Chile y Argentina se ha desarrollado una red de cronologías de *Fitzroya cupressoides* (alerce), 23 cronologías en total, 14 de Chile y nueve de Argentina (Lara *et al.*, 2000).

Villalba (1990) utilizando la cronología de Río Alerce reconstruyó la temperatura de verano en la región Patagónica Atlántica del cono sur de Sudamérica para los últimos 1228 años. En esta reconstrucción se pueden distinguir cuatro episodios climáticos principales. Un primer episodio frío, entre 900 y 1070 DC, seguido por un periodo cálido entre 1080 y 1250 DC que podría homologarse con el período cálido medieval (Medieval Warm Period) descrito para otras latitudes. Luego se distingue un largo período frío de 1280 a 1670 DC con máximos entre 1340 y 1650 DC. Estos máximos son contemporáneos con los eventos de la Pequeña Edad del Hielo (Little Ice Age) del hemisferio Norte.

Por su parte, Lara y Villalba (1993) reconstruyeron la temperatura de verano del sur de Sudamérica para los últimos 3620 años, siendo el registro de temperatura basado en anillos de crecimiento más largo publicado hasta la fecha. En la reconstrucción se puede inferir un prolongado intervalo con temperaturas por encima del promedio entre los años 80 AC y 160 DC, mientras que largos intervalos con temperaturas por debajo del promedio se habrían registrado entre los años 300 a 470 DC y 1490 a 1700 DC.

Finalmente, Roig (1996) hizo una reconstrucción de las temperaturas estivales con base en una red de cronologías de alerce, que abarcan los últimos 200 años, en las que además del ancho de los anillos de crecimiento considera la densidad de estos como predictores.

Reconstrucciones de incendios

El fuego es un elemento clave en la dinámica de ecosistemas forestales de coníferas del oeste de Norte América, incluyendo los bosques templados del norte de México. Al hacer el análisis de anillos de crecimiento de árboles con cicatrices de incendios, Fulé y Covington (1996) encontraron que los bosques de pino y bosques mixtos de pino-encino del noroeste de Durango, experimentaron un régimen similar o frecuente de incendios de baja intensidad, hasta antes del inicio de aprovechamientos de estos bosques, que ocurrió alrededor de 1950. En bosques mixtos de pino-encino en las vertientes de la Sierra Madre Occidental en Durango se observaron patrones de comportamiento de los incendios similares al anterior (Fulé y Covington, 1998). En esta región, todavía experimenta un régimen frecuente e ininterrumpido de incendios, unos cuantos bosques, sin embargo, el cambio en el uso del suelo y alteración del régimen de incendios, puede poner en peligro la conservación de estos ecosistemas, ricos en biodiversidad (Fulé y Covington, 1999).

Villanueva y McPherson (1995, 1996) y Villanueva (1996), usaron anillos anuales de crecimiento en una investigación de patrones de uso del suelo, al norte y al sur de la frontera México-Estados Unidos, encontrando que las diferencias en

la supresión de incendios, sobrepastoreo y aprovechamientos forestales, tuvieron un marcado impacto en la dinámica de las especies forestales en ambos lados de la frontera.

Kaib (1998) usó anillos de crecimiento e información histórica, para investigar el historial de incendios en los bosques de pino-encino y pastizales adyacentes, a la región fronteriza del norte de Sonora y sur de los Estados Unidos, encontrando una estrecha relación entre la ocurrencia de incendios y el período de guerra entre las tribus americanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los sitios de estudio se localizan en la Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah. La Sierra de Arteaga es parte de la Sierra Madre Oriental, en cuyo macizo montañoso se obtuvo muestras en cinco localidades tales como: El Tarillal ($25^{\circ} 26' 40''$ N, $100^{\circ} 33' 08''$ W, 1810), Pilares ($25^{\circ} 16' 50''$ N, $100^{\circ} 29' 53''$ W, 2600), Sierra La Viga ($25^{\circ} 14' 30''$ N), $100^{\circ} 22' 29''$ W, 3400), Sierra El Coahuilón ($23^{\circ} 15' 30''$ N, $103^{\circ} 55' 08''$ W, 3200) y El Morro ($25^{\circ} 12' 06''$ N, $100^{\circ} 21' 32''$ W, 3150), (Figura 9 y 10). El territorio coahuilense se constituye en su mayor extensión de rocas sedimentarias, marinas y continentales que datan del Paleozoico hasta el Cuaternario. Las más típicas son las calizas del Mesozoico. Las rocas más antiguas que afloran en la Sierra de Arteaga son las sedimentarias, básicamente calizas del Cretácico Inferior, así como asociaciones de calizas-lutitas y lutitas-areniscas del Cretácico Superior. Los suelos en su mayoría son litosoles, en menor proporción rendzinas y pequeñas áreas esparcidas de regosol calcárico y luvisol crómico (INEGI, 1983).

El clima del área es templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año, posee una precipitación anual entre 450 a un poco más de 500 mm. Los porcentajes de lluvia invernal son relativamente altos; sin embargo, la precipitación alcanza sus niveles máximos en el verano. La temperatura media anual es, en estas áreas, de 13° C. Las medias mensuales más elevadas, que se aprecian en

mayo y junio, rebasan apenas los 16° C, y las más bajas en enero son del orden de los 9° C (INEGI, 1983).

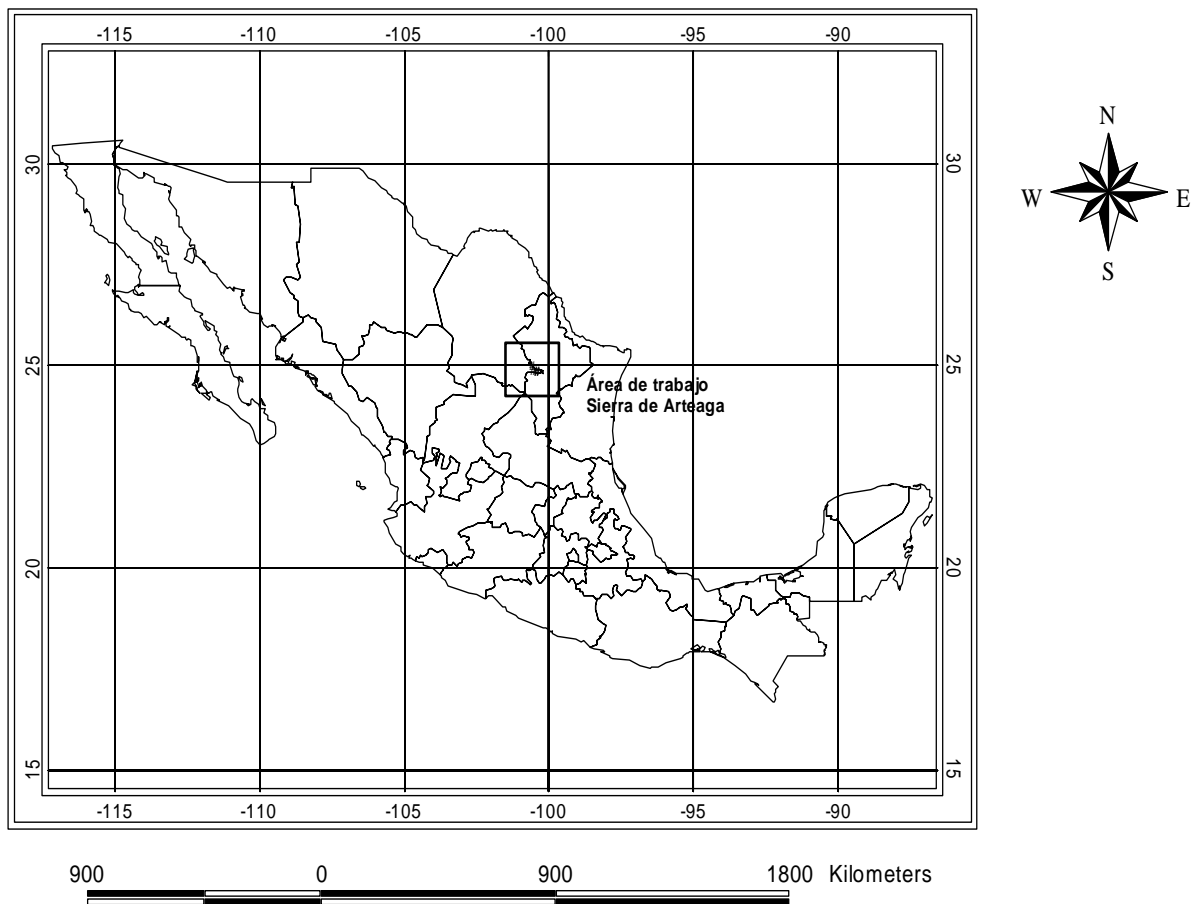


Figura 9. Mapa que indica la ubicación geográfica del área de estudio, Sierra de Arteaga, Coahuila.

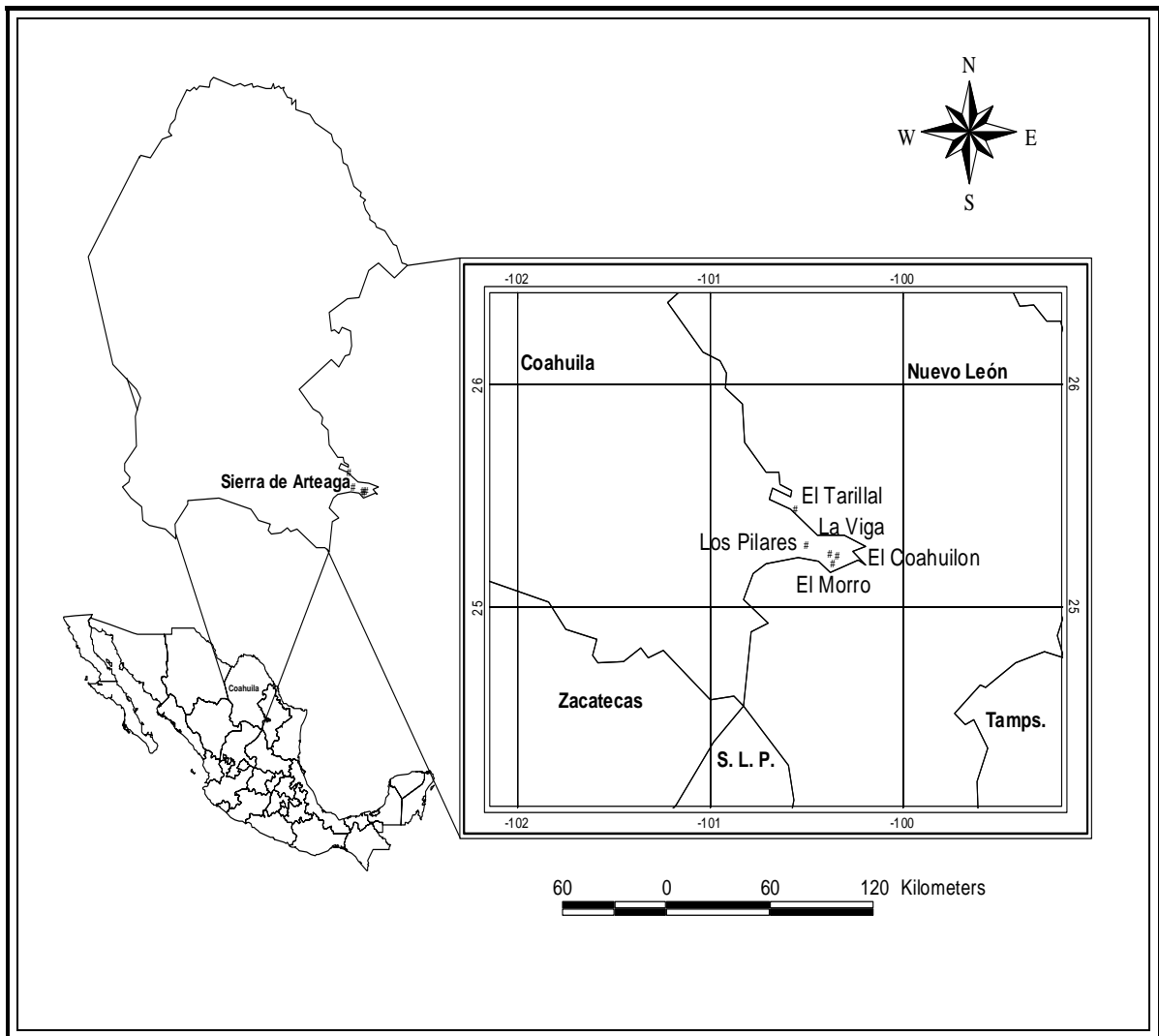


Figura 10. Ubicación geográfica de la distribución de los sitios muestreados en Sierra de Arteaga, Coahuila para la generación de cronologías. Los sitios estudiados son: La Viga, El Coahuilon, Pilares y El Morro, que están ubicados en el sureste de Coahuila, mientras que el sitio El Tarillal se localiza en los límites de Coahuila y Nuevo León.

La vegetación es dominada por bosque de coníferas, constituidos por: *Pinus rudis*, *P. ayacahuite*, *P. montezumae*, *Pseudotsuga menziesii*, *Abies vejarii*, *Quercus* sp. La planta parásita muérdago enano (*Arceuthobium spp*) ha infestado muchas de las especies arbóreas del área, mientras que algunos sitios han estado sujetos a incendios frecuentes y sobrepastoreo (INEGI, 1992).

Colecta de muestras

En el 2002 y 2003 se realizaron recorridos preliminares para seleccionar poblaciones de *Pseudotsuga menziesii* en la Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah., con características apropiadas para estudios dendroclimáticos. Al término de estos recorridos, se seleccionaron cinco sitios denominados: La Viga, El Coahuilón, Los Pilares, El Tarillal y El Morro. En cada uno de estos sitios se seleccionaron especímenes para muestreos dendrocronológicos.

Diseño de muestreo

El sistema de muestreo empleado en cada uno de los sitios fue un muestreo selectivo, es decir, se seleccionaron especímenes con características fenotípicas específicas para cumplir con los objetivos propuestos.

Características del arbolado muestreado

Un aspecto importante en el desarrollo de estudios dendrocronológicos es seleccionar adecuadamente el arbolado. Los árboles sensibles a captar la señal climática son aquellos localizados en terrenos de ladera seca, donde los individuos están más limitados de humedad y son más susceptibles a registrar la señal climática. Los árboles seleccionados fueron aquellos con apariencia longeva, generalmente tienen punta seca, tallo y corteza torcida en forma espiralada, copa no cónica, se procuró que los árboles tuvieran el tronco sólido, para obtener el mayor radio posible, así mismo, se evitaron árboles podridos del centro, que puede ocasionar muestras de mala calidad por el rompimiento y pérdida de anillos internos. Otras consideraciones en el muestreo consistieron en evitar muestrear

árboles en sitios con alta competencia intraespecífica e interespecífica, con el fin de disminuir la variación e incrementar la señal climática.

Registro de información del sitio

En cada sitio estudiado, se llenó un formato para registrar información geográfica y ecológica del área como coordenadas, altitud, pendiente del terreno, nombre del paraje, tipo de vegetación, especies dominantes, uso del suelo y ocurrencia de incendios, entre otros. Así mismo, se obtuvo información de cada uno de los árboles muestreados registrando: la presencia de plagas y enfermedades, la presencia de daño por descarga eléctrica, incendio, chamuscado, etc. También se registró si el árbol muestreado se ubicaba cerca o sobre un arroyo, en una fuerte pendiente o cañada. Se aplicó una clave para cada sitio de colecta, la cual consiste en las tres primeras letras del nombre del lugar.

La información anterior permitió al momento de analizar cada una de las muestras, corroborar e interpretar mejor los análisis, ya que cualquiera de los daños anteriores o las condiciones del sitio donde se desarrolla cada uno de los árboles puede alterar el crecimiento anual. Esta información, permitió explicar variaciones en crecimiento no atribuibles a factores climáticos, pudiendo ser eliminados para resaltar la señal climática.

Colecta de núcleos o virutas de árboles

Las muestras se obtuvieron con taladro tipo Pressler, de diversas longitudes de barrena, para obtener virutas lo más cerca del centro del árbol (Figura 11). La

barrena es una herramienta de precisión diseñada para extraer un núcleo pequeño de un árbol vivo sin dañarlo, el agujero hecho por la barrena en el árbol es pequeño y después de tomar la muestra, el árbol sella rápidamente a través de resina, y sólo bajo condiciones extremas este orificio puede ser la vía para la entrada de patógenos que dañen el árbol (Stokes y Smiley, 1968).

El proceso para obtener un núcleo o viruta de un árbol, consiste en seleccionar una parte sana y sólida en el tronco, generalmente a la altura normal del registro del diámetro 1.30 m, cuando esto sea posible, para fines dendrocronológicos lo principal es extraer la mejor muestra, esta puede ser tomada a tres metros, treinta centímetros o en la base del árbol, si el árbol es muy longevo y el tallo principal esta dañado, es conveniente toman muestras de las ramas.

Para extraer la muestra, la barrena se apunta a lo que se cree puede ser la médula, pero esto necesariamente no es el centro del árbol. Por ejemplo, árboles que crecen en pendiente agregarán más crecimiento en el lado de la pendiente. A veces se errará la médula y unos anillos interiores. Estos centros pueden usarse, por supuesto, pero para fines de edad el tiempo registrado estará incompleto. Para iniciar la extracción de la viruta, la punta de la barrena se aprieta firmemente contra la corteza, colocada en ángulo recto al eje del tronco, y el mango se voltea en el sentido de las manecillas del reloj. Una vez que la punta de la barrena se fija firmemente en la madera, sólo se necesita presión girando el mango.

La barrena se gira hasta una profundidad de penetración en el árbol suficiente para incluir la médula. El extractor se inserta entonces en la barrena y se empuja entre el centro de la madera o corazón y el metal, hasta el otro lado de la barrena. Cuando el extractor se inserta a su longitud total, la barrena se gira un poco en sentido contrario a las manecillas del reloj para romper el centro del árbol; el extractor se retira llevando el núcleo. La barrena se retira del árbol volviéndose en sentido contrario a la dirección de las agujas del reloj.

Se obtuvieron dos muestras (A y B) por individuo, esto cuando el árbol es sano y permite la obtención de muestras de calidad, cada muestra en sentido opuesto a la pendiente del terreno y evitando madera de tensión y madera de compresión. Para los árboles localizados en la parte plana, donde el fuste es uniforme, únicamente se tomó en cuenta el extraer las muestras de secciones sin ningún daño.

En el caso de árboles viejos, se optó por extraer más de dos muestras, tres, cuatro o hasta lograr extraer una buena muestra ya que las virutas de estos individuos son las de mayor interés, por aportar mayor número de crecimientos anuales y permitir una mayor extensión de los registros en el tiempo.



Figura 11. Obtención de una muestra o viruta con el taladro de Pressler. Manera en que la barrena va cortando la madera y de que manera se ubican los anillos de crecimiento (Jozsa, 1988).

Las virutas obtenidas con la barrena, son frágiles y deben manejarse con cuidado. Se utilizaron popotes de plástico con perforaciones para permitir una mejor aireación de la muestra y evitar problemas de pudriciones causados por hongos. Cada muestra, al sacarla del taladro con el extractor, inmediatamente se

colocó en un popote. A continuación se anotó el número de muestra, A o B, fecha de muestreo, diámetro, y las observaciones relacionadas con daños, posición en el terreno, entre otras consideradas importantes a juicio personal.

En aquellos sitios en los cuales se encontraron árboles muertos, a causa de incendios, plagas, aprovechamientos, etc., se extrajeron secciones transversales con una motosierra. Lo anterior se hizo para extender en el tiempo el periodo de la cronología, así mismo, las secciones transversales ayudaron a detectar anillos perdidos o anillos dobles que muchas veces en las muestras tomadas con el taladro no se observan. Puesto que un anillo nunca está perdido encima de la superficie entera de la circunferencia del tallo o ramas (Stokes y Smiley, 1968).

Preparación y fechado de muestras

En laboratorio, la preparación y fechado de muestras se hizo con los procedimientos estándares (Stokes y Smiley, 1968; Swetnam *et al.*, 1985). Los centros de incrementos extraídos con el taladro son pequeños y frágiles, y es por consiguiente necesario montarlos antes de que sufran cualquier daño.

Cuando el centro o viruta perdió suficiente humedad, se montaron en una moldura de madera con pegamento, ajustándola herméticamente con cinta adhesiva (Figura 12).

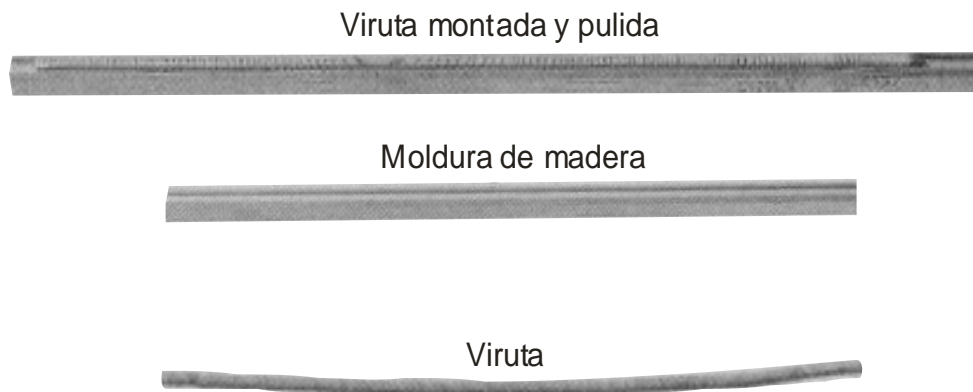
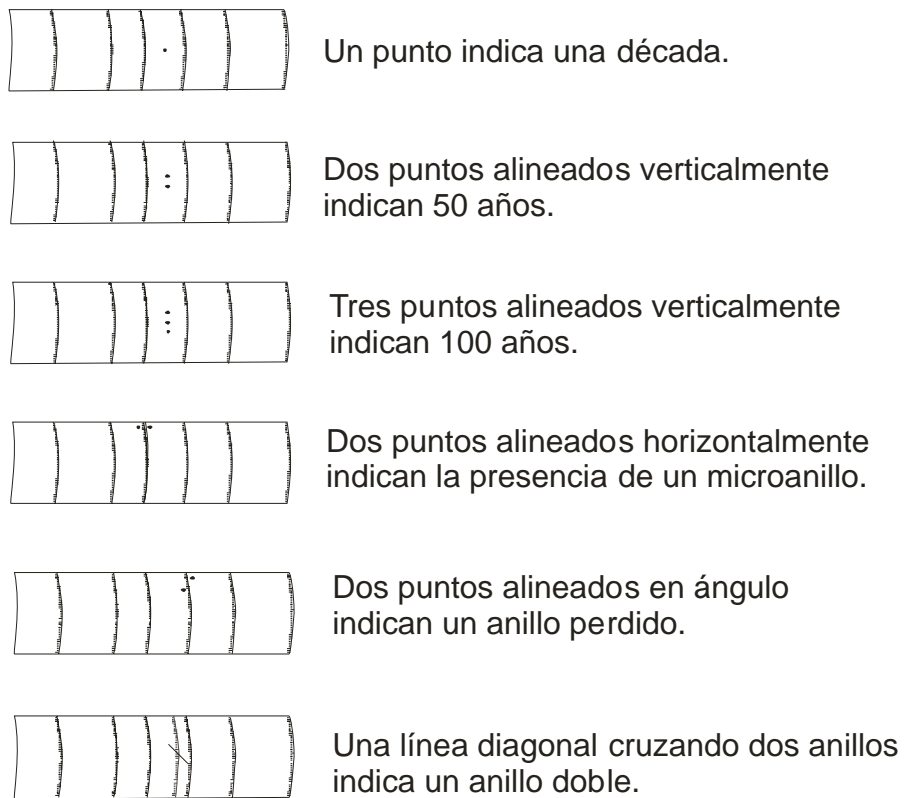


Figura 12. Preparación y montaje de la viruta, etapa básica para el inicio de análisis de la muestra (Stokes y Smiley, 1996).

La orientación de la muestra al momento del montaje, es de gran importancia, ya que de esto depende el observar con mayor claridad las bandas de crecimiento anual. Las células de la madera (traqueidas), deben quedar perpendiculares a los incrementos anuales.

Una vez que las muestras están firmes en la moldura, se pulen con lijas de diferente grosor que oscilan entre 120 y 1200. En el caso de las secciones transversales dada la irregularidad de la superficie resultante, primero se trabajaron con un cepillo eléctrico y posteriormente se lijaron. Con grados de lijas en el rango de 30 a 1200. Procedimiento que permite ver y diferenciar más claramente los anillos en la mayoría de las muestras. Sin embargo, en secciones con micro anillos, la discriminación de estos se ve dificultada en distinto grado.

Las virutas colectadas de árboles vivos, se analizaron con la lupa estereoscópica de aumento 3.5X a 15X. El conteo de anillos se realizó, marcando las décadas (un punto), períodos de cincuenta años (dos puntos) y períodos de cien años (tres puntos). Así mismo, se ubicaron anillos que muestran reducción en anchura (más angosto de lo normal) y si sólo se observa una parte de la banda de crecimiento, entonces se trata de un micro anillo, dos puntos paralelos se usaron para señalar estos microanillos, dos puntos alternos para señalar un anillo perdido y una línea diagonal para indicar un falso anillo (Figura 13). Posteriormente, mediante representaciones esqueléticas o gráficos de crecimiento y con la simple identificación de anillos angostos y anchos, se compararon las series para encontrar patrones comunes de crecimiento.



UN ESQUEMA DE LA SECUENCIA DE ANILLOS.

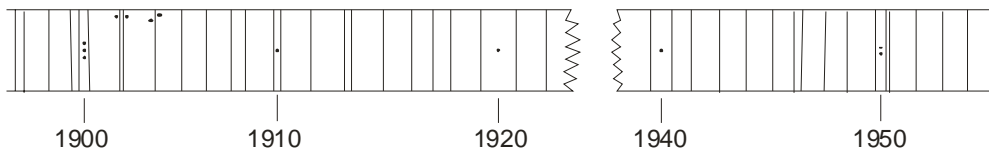


Figura 13. Sistema de conteo, representación de micro anillos y anillos ausentes (Stokes y Smiley, 1996 y Swetnam et al., 1985).

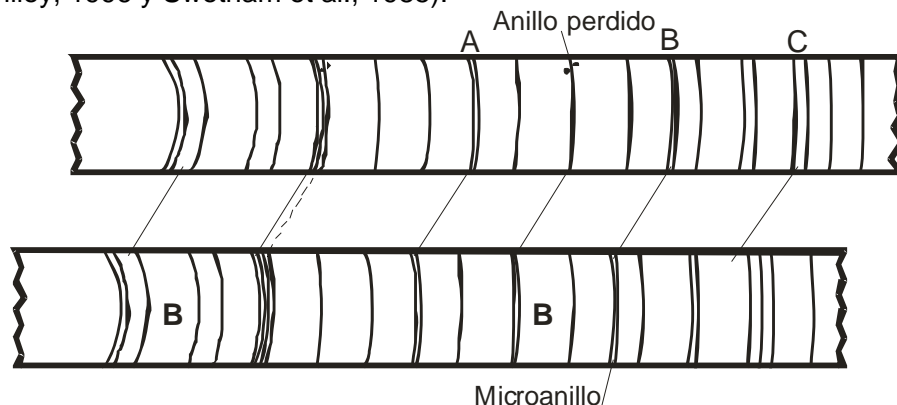


Figura 14. Comparación de modelos de crecimiento e identificación de anillos ausentes para el correcto fechado (Stokes y Smiley, 1996).

El punto A, fue fechado correctamente fechando realmente cada anillo por reconocimiento del modelo de crecimiento. El anillo ausente antes del punto A, indicado por una línea punteada, fue reconocido, y cuidadosamente emparejado. La línea sólida dibujada entre las dos virutas muestra anillos con la misma fecha. Caso contrario se observa en el punto C, donde el conteo presenta un desfase de un año, al no ser reconocido el anillo ausente indicado en la primera muestra entre A y B (Figura 14).

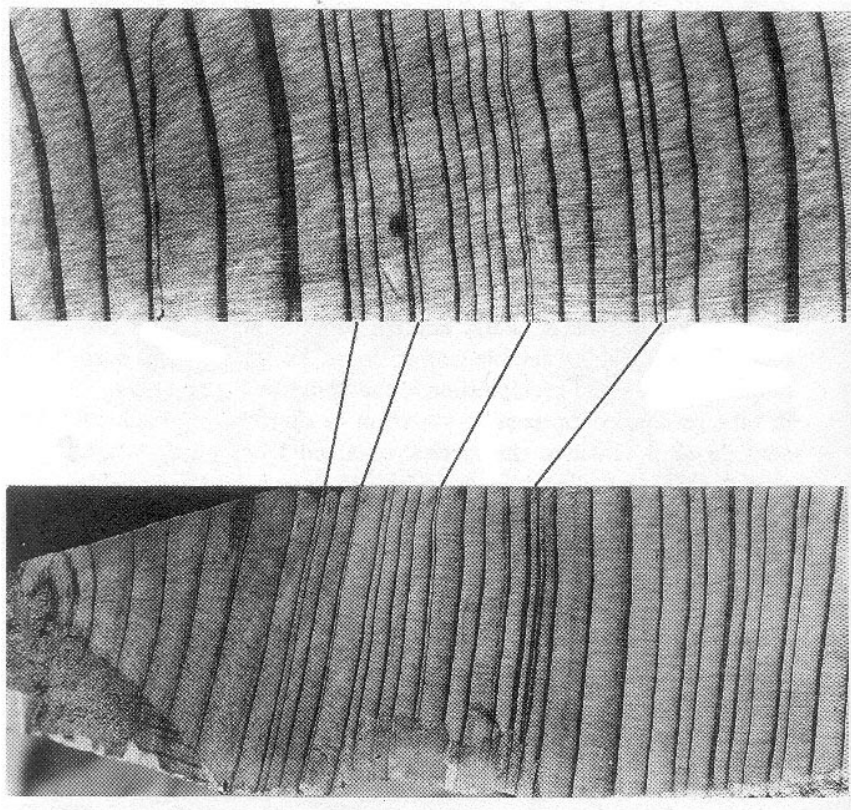


Figura 15. Dos diferentes secciones de incrementos que presentan patrones comunes de crecimiento. Observándose bandas angostas (micro anillos) y anillos ausentes (Stokes y Smiley, 1996).

La técnica del gráfico de crecimiento (skeleton plot), es una forma gráfica de representar de manera subjetiva el grosor de los anillos. Estos gráficos se usan como una ayuda cronológica para comparar un grupo de muestras y definir patrones de tendencia, esenciales para el fechado exacto de los crecimientos anuales (Figura 15). El método del gráfico de crecimiento tiene la ventaja de ser más rápido que métodos que requieren medida del anillo real o actual. El proceso de fechado se inicia con la construcción de un gráfico de crecimiento, para cada muestra individual. Para realizar lo anterior, una tira de papel cuadriculado se etiqueta con la clave de la muestra (Figura 16). Para facilitar el conteo, se escribe un cero al extremo izquierdo del papel, y cada diez cuadros a la derecha, se enumera en décadas de acuerdo con la longitud de la muestra. Cada una de las líneas verticales en la gráfica de papel, corresponde a un anillo. El anillo más interno en la muestra se identifica como anillo cero (anillo del centro) y se continúa el marcado de manera progresiva de este punto en la muestra hasta la corteza.

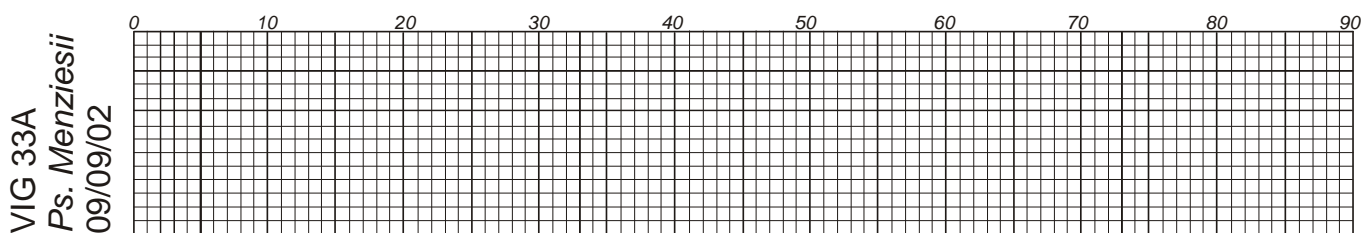


Figura 16. Tira de papel cuadriculado, etiquetado y debidamente enumerado para el desarrollo de un gráfico de crecimiento o Skeleton plot.

En el gráfico de crecimiento los anillos estrechos (más angostos) son los primeros en ser comparados y plasmados en el gráfico; así que una línea está marcada en cada intervalo donde un anillo estrecho ocurre (Figura 17). La

decisión de estrechez (angostos) se basa en la comparación de cada uno de los anillos inmediatos vecinos o los de lado. Entre más estrecho el anillo, mayor la longitud de la línea marcada. La estrechez de los anillos está representada arbitrariamente con una línea de 2 cm en altura. Los anillos anchos se marcan con una "B" o un "G" de grande; los anillos promedios no se marcan. Si un anillo muestra reducción en anchura y se observa incompleto, se trata de un micro anillo. Una línea mayor a las trazadas para anillos pequeños es colocada en el gráfico de crecimiento y en el caso de anillos perdidos en la posición gráfica donde en teoría debe estar se traza una línea punteada ubicada para señalar su presencia.

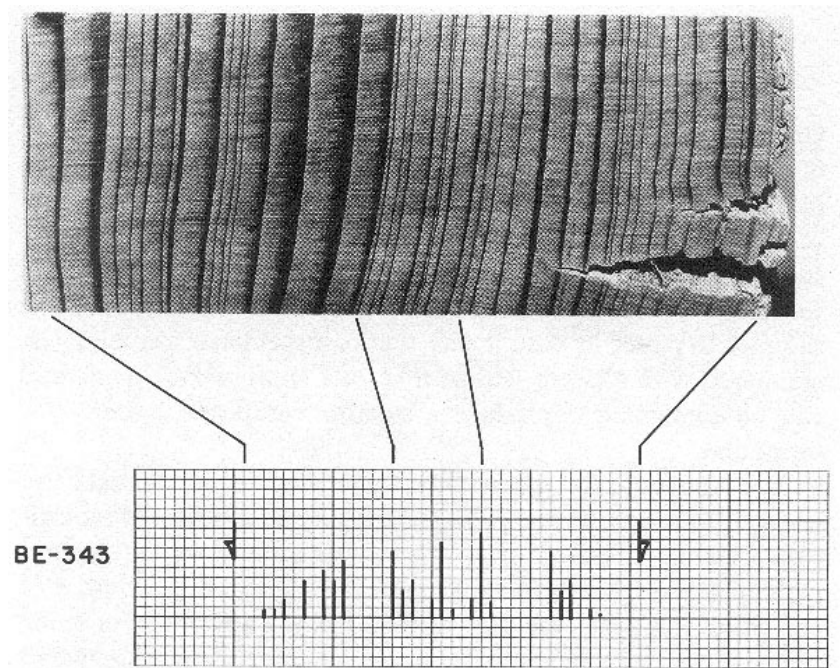


Figura 17. Grafico de crecimiento (Skeleton plot), modelo de crecimiento plasmado en papel que permite la comparación simultanea de varios individuos para determinar similitud de patrones de crecimiento (Stokes y Smiley, 1996).

Después de trazar para cada una de las muestras su gráfico (skeleton plot), varios de éstos pueden compararse al mismo tiempo. Al hacer esto, puede observarse similitudes en los patrones de crecimiento de los anillos, ya que se desarrolla un mosaico de gran número de muestras. Cuando el emparejado o cruzado de todos los gráficos de crecimiento se ha hecho correctamente, todos los anillos durante cualquier año dado (aunque todavía no se asigne una fecha) se colocan en la misma línea vertical. Después de que todas las muestras han sido colocadas, un nuevo gráfico de papel cuadriculado se pone en la parte inferior, y un gráfico compuesto (cronología maestra) se desarrolla al trazar una media de la longitud de las líneas por cada año (Figura 18). Puesto que estas líneas no tienen una longitud específica los promedios generados, similar a los gráficos individuales, son cuestión de juicio personal.

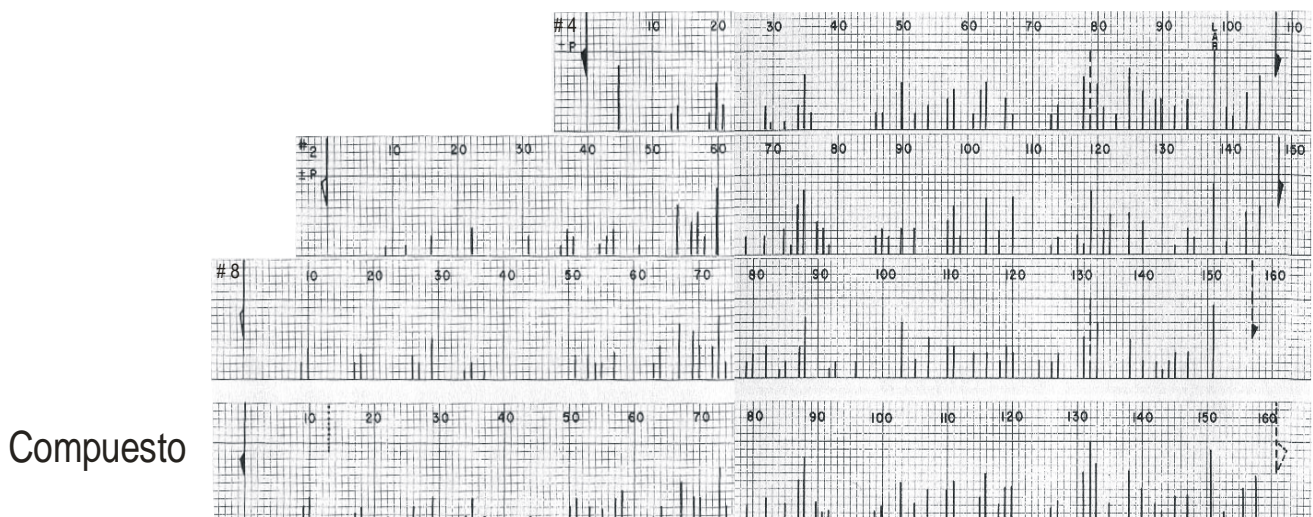


Figura 18. Fechado cruzado o empalme. Gráficos de crecimiento de diferentes individuos que permite determinar la similitud de patrones de crecimiento y poder asignar un prefchado. En la parte inferior se muestra un gráfico maestro (compuesto maestro), promedio de los diferentes gráficos de crecimiento (Stokes y Smiley, 1996).

Medición de anillos anuales

Una vez realizado el prefecado de las muestras, se utilizó un micrómetro con precisión de 0.01 mm y platina de fase deslizable, conectado a una computadora (Figura 19) (Robinson y Evans, 1980). Las muestras se midieron una a una, deslizando la platina y observando la muestra a través de un estereoscopio con un ocular reticulado. La medición, se inició con el anillo más interno y se procedió de esta manera hasta el anillo exterior. En cada anillo se midió la madera temprana (clara), la madera tardía (obscura) y el anillo total.

Al momento de deslizar la muestra por la platina y cada vez que la cruz del retículo del ocular llegaba al límite de la madera clara u obscura, se presiona el botón del micrómetro, obteniendo el ancho de cada porción de madera. El ancho total del anillo se registra de manera automática. La base de datos de las mediciones generadas para cada una de las muestras, quedaron registradas en el software de medición de la computadora.



Figura 19. Sistema de medición, medición de ancho de anillos de crecimiento, anillo total, madera temprana y tardía, laboratorio de Dendrocronología INIFAP CENID-RASPA.

Control de calidad de los datos

Una vez que se generaron los archivos para cada uno de los sitios de trabajo, éstos se ingresaron al programa COFECHA, que es un programa de control de calidad de fechado y medición (Holmes, 1983). Este programa permite identificar segmentos de la serie de anillos pobremente correlacionados con la serie maestra que podrían representar posibles errores de fechado o de medición. Genera la serie maestra, como la media de cada uno de los años de todas las series individuales; analiza estadísticamente el fechado de cada serie, al correlacionar sucesivamente segmentos sobrepuestos de 50 años de cada serie individual, con la serie maestra, además, produce un resumen final de las estadísticas descriptivas para el conjunto total de los datos.

De manera adicional, COFECHA indica un listado de los anillos ausentes totales presentes en la cronología, especifica la muestra, número de anillos por muestra y el año exacto correspondiente a cada uno de los anillos.

Las serie para la que COFECHA identificó problemas, se graficó con la rutina BARPLOT (Holmes *et al.* 1986). Esta subrutina calcula la desviación estándar de cada serie individual. Mediante la comparación de los gráficos de las series individuales y la serie promedio para el sitio, y el análisis cuidadoso de las muestras con problemas en microscopio, se identificaron y se corrigieron los errores detectados por el programa (anillos que pueden haberse omitido o que están ausentes en la muestra).

Al finalizar el fechado de un número importante de muestras procedentes de árboles vivos, se continuó con el fechado de las muestras de árboles muertos para los cuales no se sabía la fecha del último año. En el caso de este tipo de muestras es común que la sección externa correspondiente a la albura no exista, o no puedan identificarse los anillos a causa de pudrición. Para estas muestras, al igual que para las muestras de árboles vivos, se llevó acabo un conteo de los anillos existentes, se desarrolló un gráfico de crecimiento y este se analizó con el gráfico maestro para determinar la fecha del último anillo desarrollado. En algunos casos, el fechado de las muestras, se hizo midiendo las series e ingresándolas como no fechadas al programa COFECHA, el cual permite determinar el año inicial de cada serie.

Una vez determinado el año inicial correcto para las secciones transversales, se corrigieron aquellas que presentaron problemas de anillos ausentes, mediante un procedimiento similar al utilizado para las muestras de árboles vivos.

En un muestreo usualmente se pueden cofechar sólo una parte de las muestras. El porcentaje varía entre 43% y 90%, dependiendo de las características del sitio (Villalba 1990; Lara y Villalba 1993; Neira 1995). Las muestras que no cofechan normalmente provienen de árboles cuyo crecimiento está muy influenciado por condiciones locales (competencia, liberaciones, incendios, plagas y enfermedades, entre otros).

Construcción de cronologías

El término cronología ó cronología de anillos de crecimiento, se refiere a una serie de valores que representa los promedios de los índices de crecimiento anual estandarizados y debidamente fechados obtenidos a partir de virutas extraídas de árboles de un sitio en particular (Fritts, 1976).

Una vez determinada la calidad del fechado y la medición por el programa COFECHA, se desarrollaron las cronologías de índices de anchos de anillos mediante el programa ARSTAN (Cook y Holmes, 1984). Este programa realiza la estandarización de las series individuales de cada árbol, removiendo la varianza debida a factores biológicos, como edad y crecimiento radial, así como la varianza

debida a la productividad diferente entre micrositios y cambio en el ambiente de los árboles no relacionados con el clima (Fritts, 1976, y Cook y Kairiuskstis, 1990). El programa ARSTAN maximiza la varianza debida a factores ambientales que afectan a la población en su conjunto. Este programa tiene la opción de ajustar diferentes curvas teóricas (recta, exponencial negativa, horizontal o spline de diferente rigidez), las cuales tratan de emular o reproducir las tendencias biológicas del crecimiento. Mientras más rígida la curva de ajuste sea, se preserva un mayor porcentaje de la varianza de baja frecuencia (ondas largas).

La función utilizada por ARSTAN para la estandarización es la exponencial negativa mencionada por Fritts (1976) y Cook y Kairiuskstis (1990).

$$Q_t = a e^{-bt} + k$$

Donde:

Q_t = Valor promedio proyectado (amplitud de anillo proyectada al tiempo t).

a , b y k = Coeficiente de regresión estimados para cada especie.

t = Tiempo

e = Base de logaritmos naturales

Posteriormente, genera para cada serie individual, un índice de crecimiento para cada año al dividir el valor real del ancho del anillo, entre el valor

correspondiente de la curva o el crecimiento esperado por el modelo exponencial negativo.

$$I = W/Y$$

Donde:

I = Índice de anchura de anillo o índice de crecimiento estandarizado

W = Anchura medida (incremento anual)

Y = Anchura proyectada

Finalmente, las series resultantes de amplitud de anillos estandarizadas, se pueden comparar con la media y la varianza de la parte interna de cada serie con la parte externa. Una vez eliminada la varianza debido al crecimiento diferente entre árboles jóvenes con crecimiento rápido y árboles viejos con crecimientos lentos, se promedia cada uno de los índices anuales de las series individuales, y se obtiene de esta manera la cronología maestra para el sitio (Swetnam et al, 1985). La cronología maestra para el sitio también se le llama cronología estandarizada (Fritts, 1976).

El programa ARSTAN genera tres cronologías, estándar, residual y arstan, para este trabajo, todos los análisis se desarrollaron con la versión estándar que a diferencia de las versiones residual y arstan, retienen las variaciones de baja frecuencia, útiles en el análisis de tendencias en periodos largos (Grissino-Mayer, 1995).

Entre los parámetros estadísticos que permiten caracterizar la calidad de una cronología se encuentra la sensibilidad media, la desviación estándar, la autocorrelación y la relación señal-ruido. Se considera que una cronología tiene buen potencial dendroclimático si presenta las siguientes características: alta sensibilidad media, desviación estándar alta, baja autocorrelación de primer orden, alta relación señal-ruido y alta correlación entre series (Fritts, 1976).

La desviación estándar es una medida de la variación de los datos alrededor de la media (Delgado, 2000); mientras que la sensibilidad media es un estadístico que expresa los cambios entre los valores sucesivos de una serie de anillos de crecimiento y toma valores de cero a dos; cero cuando no hay diferencias entre anillos consecutivos y dos cuando uno de los valores es cero (anillo perdido) y el siguiente es diferente de cero (Fritts, 1976; Delgado, 2000). La sensibilidad media permite saber, en que períodos a lo largo de la vida del árbol, los factores ambientales influyeron más sobre su crecimiento o en cuál período éstos fueron más estables. Cuando la sensibilidad es baja se dice que el árbol es insensible, de otro modo, se dice que es sensible a los cambios ambientales (Delgado, 2000).

La autocorrelación se refiere a la correlación entre anillos de una misma serie. La autocorrelación de primer orden, se refiere a la relación que existe entre el anillo de un año particular t con la del anterior $t-1$ o con la del siguiente $t+1$ (Fritts, 1976). La autocorrelación refleja la variación de baja frecuencia y es producida por el efecto retardado de condiciones climáticas favorables o

desfavorables que siguen afectando directa o indirectamente al árbol, aún después del año en que se presentan.

La relación señal-ruido es una medida de la variación del ancho de los anillos producida exclusivamente por las condiciones climáticas. Por lo tanto, los patrones de crecimiento determinados en gran medida por el clima, tendrán una relación señal-ruido más alta. Por el contrario, cuando los patrones de crecimiento están más determinados por competencia o por disturbio, la relación señal-ruido será menor (Fritts, 1976).

Para descomponer las señales presentes en una serie de anillos, Cook y Kairiukstis (1990) muestran el siguiente modelo lineal:

$$R_t = A_t + C_t + \delta D1_t + \delta D2_t + E_t$$

R_t = Ancho del anillo observado en determinado año (t)

A_t = Tendencia por edad

C_t = Señal climática

$D1_t$ = Pulsos generados por disturbios endógenos (competencia)

$D2_t$ = Pulsos generados por disturbios exógenos (plagas y enfermedades, incendios, aprovechamientos, etc.)

E_t = Es la variación no explicada por las otras señales (ruido)

S = Indicador binario de presencia o ausencia (1 ó 0)

Este modelo es útil para identificar y separa los diferentes tipos de influencias sobre el crecimiento de un árbol, dependiendo del interés que tengamos. Siguiendo el modelo lineal que da en función de $(A_t, D1_t + D2_t)$, si D1 y D2 no son importantes (en caso contrario habrá que filtrarlos), queda solo por cuantificar la tendencia por la edad. El procedimiento para eliminar el efecto de la edad se le llama estandarización. El objetivo de la estandarización es poder comparar árboles de distinta edad en cuanto a su variabilidad interanual (Fritts, 1976).

Desarrollo de modelos climáticos

Una vez que se generaron los índices de crecimiento para cada uno de los cinco sitios (cronologías), se desarrollo un “Análisis de Componentes Principales” con el programa SYSTAT, para conocer el porcentaje de variabilidad común entre ambos sitios y el grado de correlación.

Para disponer de una cronología regional tanto de madera temprana, tardía y total, las cronologías más extensas, con mayor variabilidad común y significativamente correlacionadas se promediaron obteniendo un promedio de índices para la Sierra de Arteaga, que es valor medio obtenido para un año en particular al combinar los valores de las cronologías.

Las cronologías promedio de Sierra de Arteaga, así como individualmente se correlacionaron con la estación climatológica de Saltillo, Coah. estación que posee el registro regional de datos climáticos más completo que se extiende de

1941-2000 (Figura 20) (CNA, 2001), para conocer el período de precipitación, al cual esta respondiendo el crecimiento. La ubicación de la estación es: $25^{\circ} 26' 08''$ y $100^{\circ} 54' 12''$.

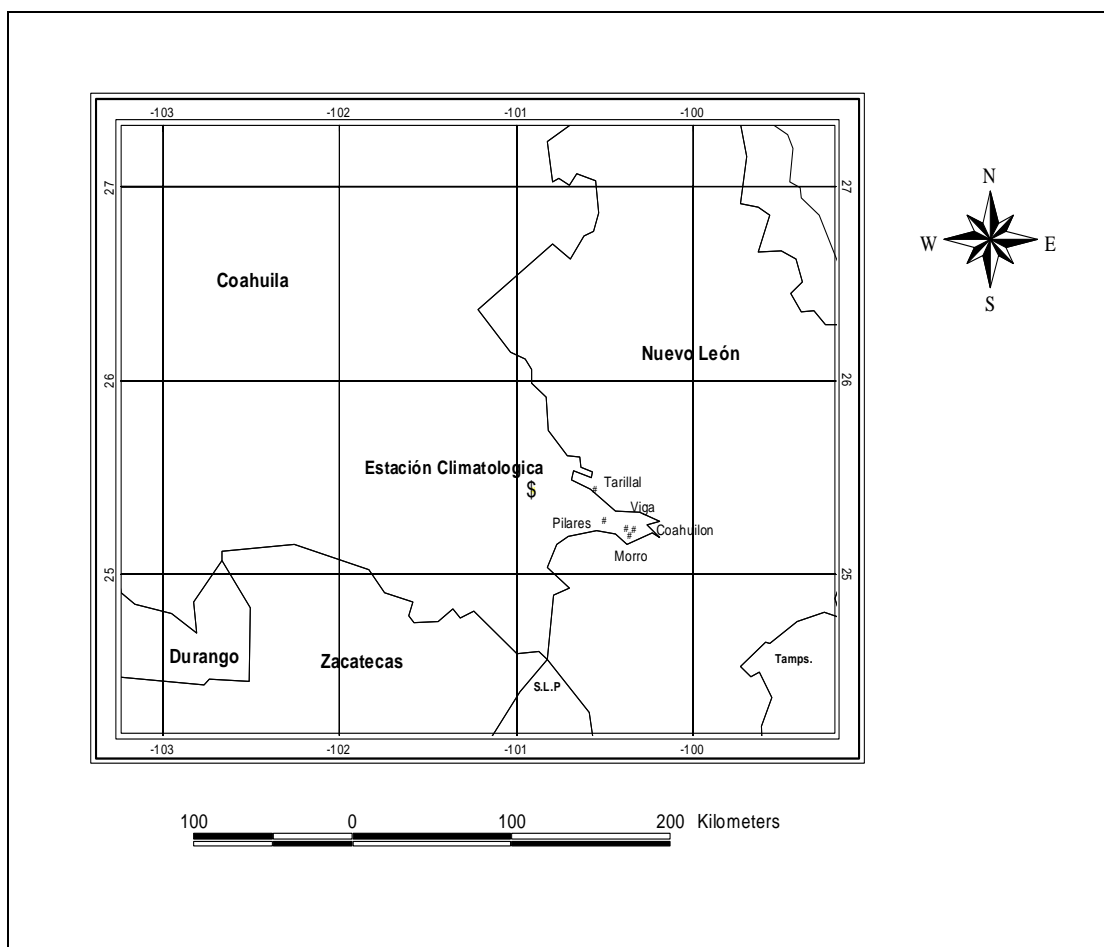


Figura 20. Localización de la estación climatológica Saltillo, utilizada para determinar la asociación entre la cronología promedio de madera temprana de *Pseudotsuga menziesii* y precipitación.

La definición del período en el cual los índices dendrocronológicos y los datos de precipitación estuvieron más correlacionados, se obtuvo al procesar una

función de respuesta, la cual se generó mediante análisis de correlación y se verificó con el programa PRECON (Fritts, 1999).

Con base en lo anterior, se seleccionaron sólo aquellos meses o períodos anuales en que el crecimiento de los árboles respondió significativamente ($p < 0.05$) a la precipitación. Posteriormente, el periodo de registro de precipitación disponible, se dividió en dos subperiodos y se generó una ecuación de calibración en uno de los subperíodos y se verificó en otro. Las funciones obtenidas tanto de calibración como de verificación se analizaron estadísticamente con la subrutina VERIFY5 del DPL (Dendrochronological Program Library) del Laboratory of Tree-ring Research de la Universidad de Arizona, USA. La función de calibración se procesó en el total de datos climáticos registrados y se obtuvo el grado de asociación entre los datos reconstruidos y registrados. Finalmente, se generó la ecuación de predicción y se desarrolló la reconstrucción para el período total de índices dendrocronológicos.

Para resaltar la presencia de eventos de baja frecuencia en la reconstrucción, es decir períodos secos y húmedos y observar posibles tendencias en la reconstrucción, los datos reconstruidos se suavizaron con una curva flexible de 10 años.

Debido a que la precipitación invernal en el norte de México está influenciada significativamente por el fenómeno del Niño-Oscilación del Sur (ENSO) (Stahle *et al.*, 1998, Cleaveland *et al.*, 2003), la cronología generada se relacionó con el Índice de Lluvia Tropical (TRI, siglas en inglés) y con el Índice de Lluvia para todo México (All México Rainfall Index, siglas en inglés).

Se correlacionaron las cinco cronologías La Viga, El Coahuilón, Pilares, El Tarillal y El Morro, con cronologías generadas recientemente para el norte de México. Así mismo, se analizaron los grados de correlación entre cronologías de Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental.

Finalmente, se hizo un análisis de la tendencia histórica de eventos climáticos de la reconstrucción para Saltillo, con reconstrucciones generadas para el norte de México, para detectar similitud o sincronización entre fenómenos secos o húmedos que nos permitan determinar su ocurrencia a nivel regional o a nivel nacional.

Análisis histórico

En la medida de lo posible, eventos extremos presentes en la reconstrucción, especialmente episodios secos se verificaron con documentos históricos. No obstante que éstos existen principalmente en el centro de México, algunos análisis históricos indican sequías generalizadas que en ciertos períodos de tiempo se extendieron por todo el país (Florescano, 1980; García, 1997), otras fuentes presentan información específica para la región de interés Saltillo, Coahuila (García, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Función de respuesta

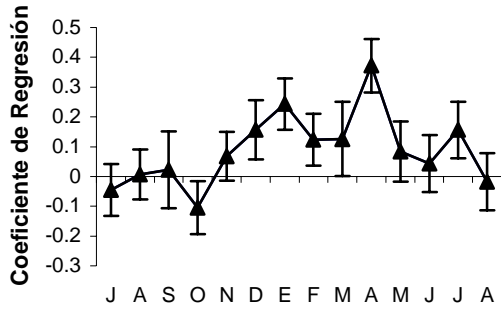
Con el análisis de 181 muestras de 109 árboles se desarrollo una cronología de 343 años, datada de 1659 a 2001. La cronología promedio de madera temprana presento un perfecto fechado y una alta correlación entre series ($r = 0.77$ entre todos los radios).

El análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en ingles), para las cinco diferentes cronologías muestra altas correlaciones entre los diferentes sitios ($r = 0.85$ promedio), explicando la mayor variabilidad el PC1 (72.3 %), la más alta correlación y mayor variabilidad común se registra para los sitios La Viga, El Coahuilón y Los Pilares.

Se desarrolló una función de respuesta, tanto de madera temprana como madera tardía para cada uno de los cinco sitios empleando el programa PRECON (Fritts, 1999), con base en los índices de crecimiento y los registros de precipitación disponibles para el período 1941 – 2000, con el fin de conocer individualmente a que período de precipitación, está respondiendo el crecimiento de los árboles en cada uno de los sitios (figura 21).

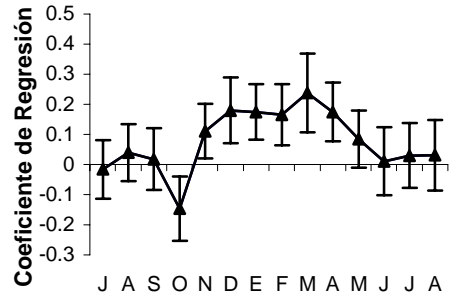
Madera Temprana

El Coahuilon

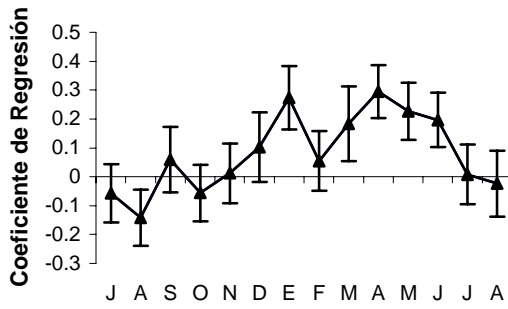


Madera Tardía

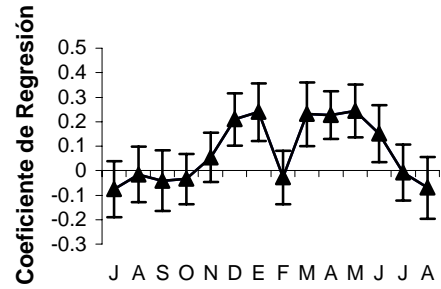
El Coahuilon



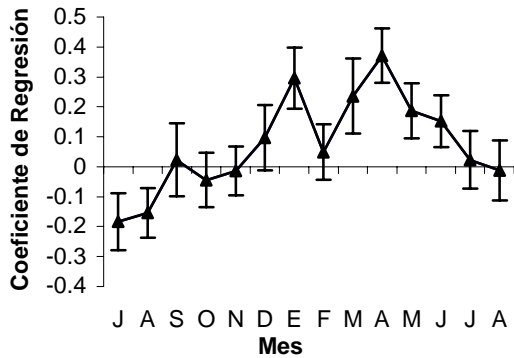
La Viga



La Viga



Los Pilares



Los Pilares

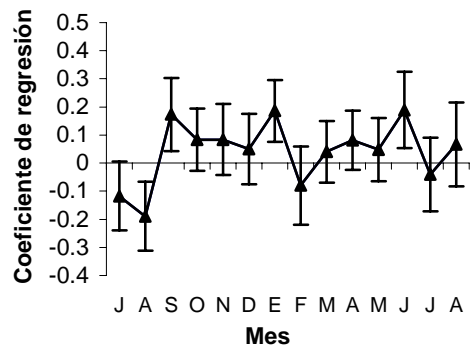
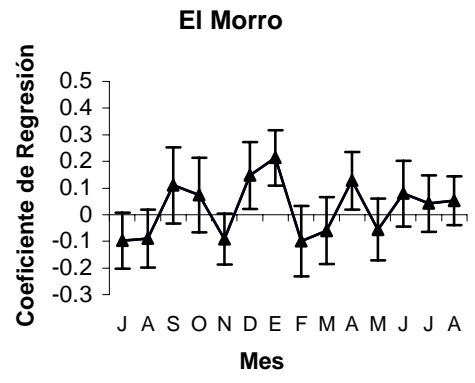
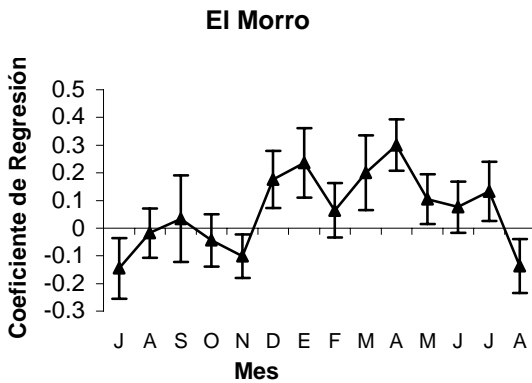
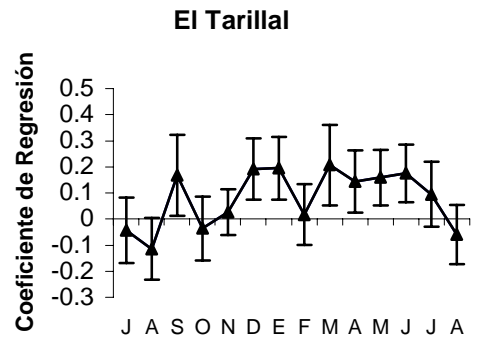
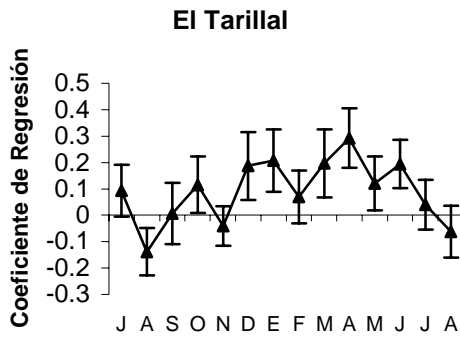


Figura 21. Función de respuesta de madera temprana (EW, sección izquierda) y madera tardía (LW, sección derecha), para El Coahuilon, La Viga, Los Pilares, El Tarillal y El Morro, en Sierra de Arteaga, Coahuila.



Funciones de respuesta, continuación de la **Figura 21**.

La porción de crecimiento de madera temprana en las diferentes áreas, respondió de manera significativa ($p < 0.05$), al periodo de precipitación invierno-primavera, coincidiendo de esta manera con lo señalado por Michaelsen (1989), Stahle y Cleaveland (1993) y Stahle *et al.* (1999), quienes señalan, que las cronologías de anillos de árboles procedentes del norte de México captan de manera significativa la señal climática de precipitación en la estación invernal.

Para el caso de la porción de madera tardía, los sitios El Coahuilón, La Viga y El Tarillal al igual que la porción de madera temprana están respondiendo de manera similar a las condiciones climáticas dominantes del período invierno-primavera. Para la cronología del sitio Los Pilares, sólo los meses de enero y junio presentan una correlación significativa ($p < 0.05$). Para la cronología El Morro los meses correlacionados significativamente ($p < 0.05$) son diciembre, enero y abril, sin embargo, el período con mayor correlación para ambos sitios es invierno-primavera. En general, las cronologías desarrolladas en sitios de Sierra de Arteaga, Coah., tanto de madera temprana como de madera tardía, responden al periodo de precipitación invierno-primavera.

Las cronologías más extensas, con mayor variabilidad común y significativamente correlacionadas son: La Viga de 343 años (1659-2001), El Coahuilón de 302 años (1700-2001), y Los Pilares de 226 años (1775-2000), como lo indica en el PC1 (Componente principal 1).

Los meses de precipitación correlacionados significativamente ($p < 0.05$) con la cronología promedio de madera temprana, son los que comprenden el período enero-junio (Figura 23).

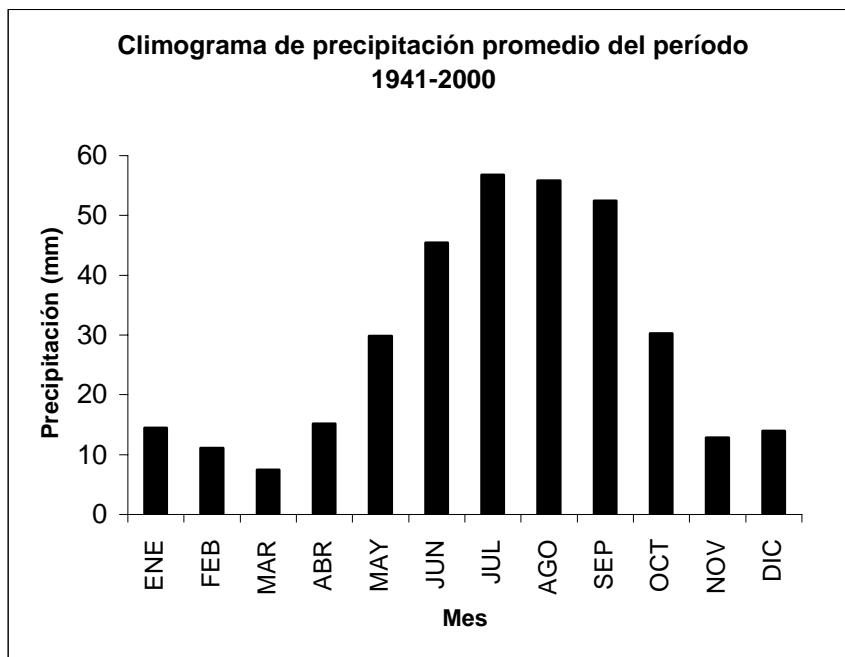


Figura 22. Precipitación media mensual de la estación Saltillo, Coahuila.

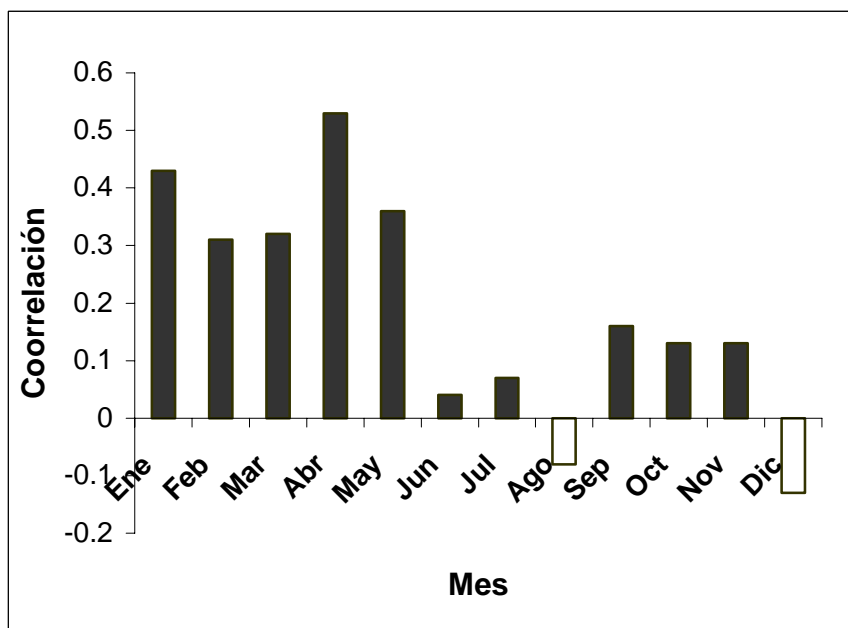


Figura 23. Coeficientes de correlación (r) entre la cronología de madera temprana de Sierra de Arteaga y la precipitación total de los meses de enero-diciembre de la estación Saltillo de 1941-2000.

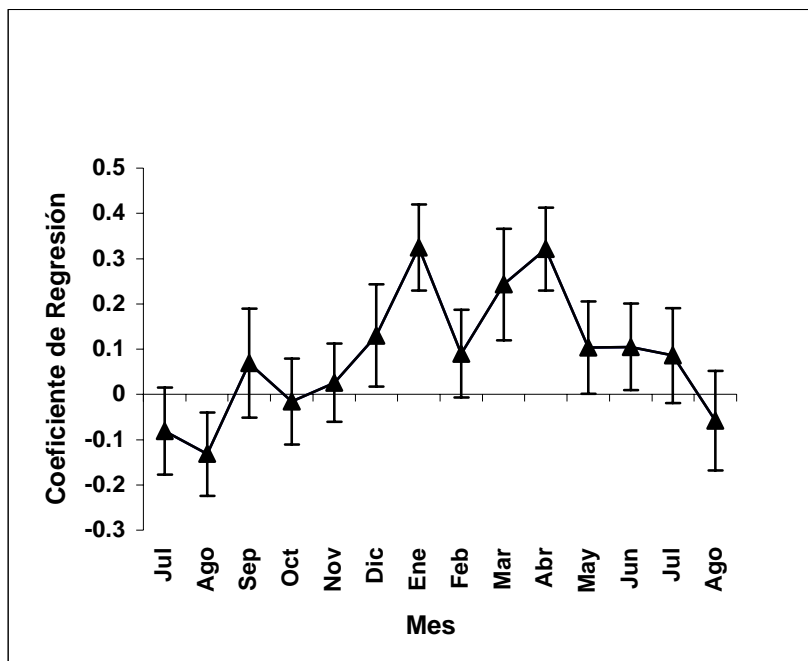


Figura 24. Función de respuesta, promedio de tres cronologías de madera temprana para El Coahuilón, La Viga y Pilares, Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah. Los meses de diciembre a junio están correlacionados significativamente ($p < 0.05$).

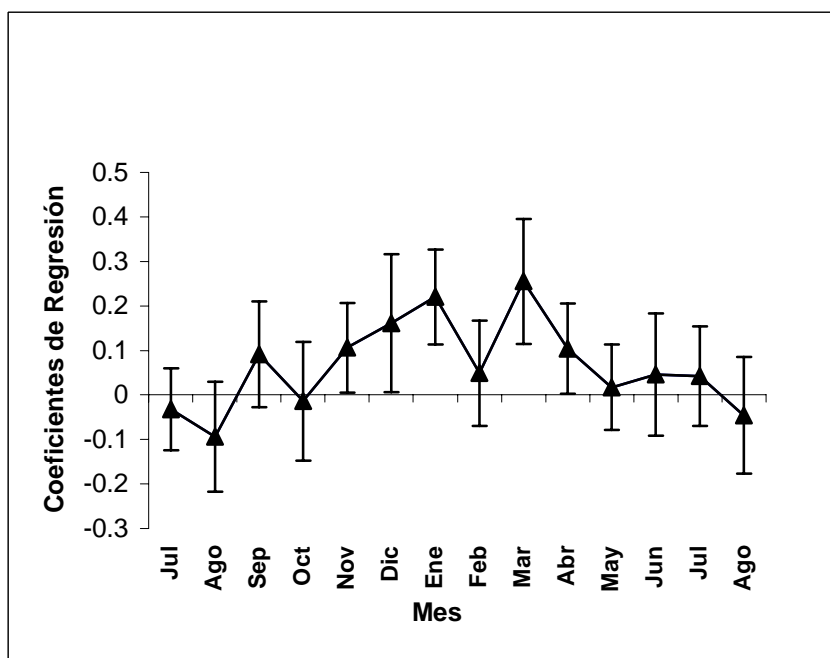


Figura 25. Función de respuesta, promedio de tres cronologías de madera tardía para El Coahuilón, La Viga y Pilares, Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah. Los meses de noviembre-abril están correlacionados significativamente ($p < 0.05$).

La porción de madera temprana del anillo anual respondió significativamente ($p < 0.05$) a la precipitación del período diciembre-junio (Figura 24), aunque el crecimiento de madera temprana, no mostró alta correlación con los meses de mayo y junio. Al comparar periodos mensuales el período mejor correlacionado fue enero-junio. Parte de este período cae fuera de la estación de crecimiento, lo que es común, ya que las lluvias del período invernal al ser de baja intensidad, se infiltra y queda almacenada en el suelo para ser usada en la estación de crecimiento (Fritts, 2001).

La madera tardía respondió significativamente ($p < 0.05$) a la precipitación del periodo noviembre-abril (Figura 25). Tanto la madera temprana y tardía responden a un periodo común de precipitación (Invierno-Primavera). Con base en estos resultados y considerando que la porción de madera tardía solo explica el 27% de la variabilidad en precipitación para dicho periodo, se decidió utilizar sólo la madera temprana que explica el 74% de la variabilidad para reconstruir la precipitación Invierno-Primavera.

La falta de una asociación significativa entre el crecimiento de la madera tardía y precipitación de verano, se puede atribuir al hecho de que gran parte de la precipitación de verano ocurre cuando el árbol prácticamente ha cesado su división celular. En adición muchas de las lluvias superan la capacidad de infiltración del suelo y escurren como flujo superficial (García, 1978).

En la región de Saltillo, Coah. la mayor cantidad de precipitación se registra en el verano con un 50% de la precipitación total anual, sin embargo, la lluvia de invierno representa un alto porcentaje de esta precipitación total, el período reconstruido enero-junio comprende el 36% de la precipitación anual, que representa el 75% de la precipitación de verano, lo que muestra la no menor importancia del periodo invierno-primavera (enero-junio) y lo cual es de gran importancia para el crecimiento del arbolado, por que las bajas temperaturas reducen la evaporación, y las lluvias tienden a ocurrir en periodos de mayor tiempo (días y semanas), logrando mantener el suelo una mayor humedad (García, 1981).

La respuesta del crecimiento de la madera temprana a la precipitación invernal en la región norte de México y suroeste de los Estados Unidos de América ha sido corroborado por diversos estudios paleoclimáticos realizados por Michaelsen, J. (1989); Stahle y Cleaveland, (1993); Stahle *et al.*, (1999); Díaz *et al.*, (2002); Cleaveland *et al.*, (2003); Pohl *et al.*, (2003); Villanueva *et al.*, (2004 en prensa).

Reconstrucción de la precipitación invierno-primavera

Al relacionar la cronología promedio de madera temprana con el periodo de precipitación enero-junio para el intervalo de tiempo 1953-2000, se obtuvo una correlación de 0.72 ($p < 0.001$). Los valores atípicos ocurrieron para los años húmedos 1959 y 1981 (Figura 26), años en los que probablemente la precipitación fue abundante, y en que los árboles no respondieron a la lluvia total ocurrida debido a la situación explicada previamente.

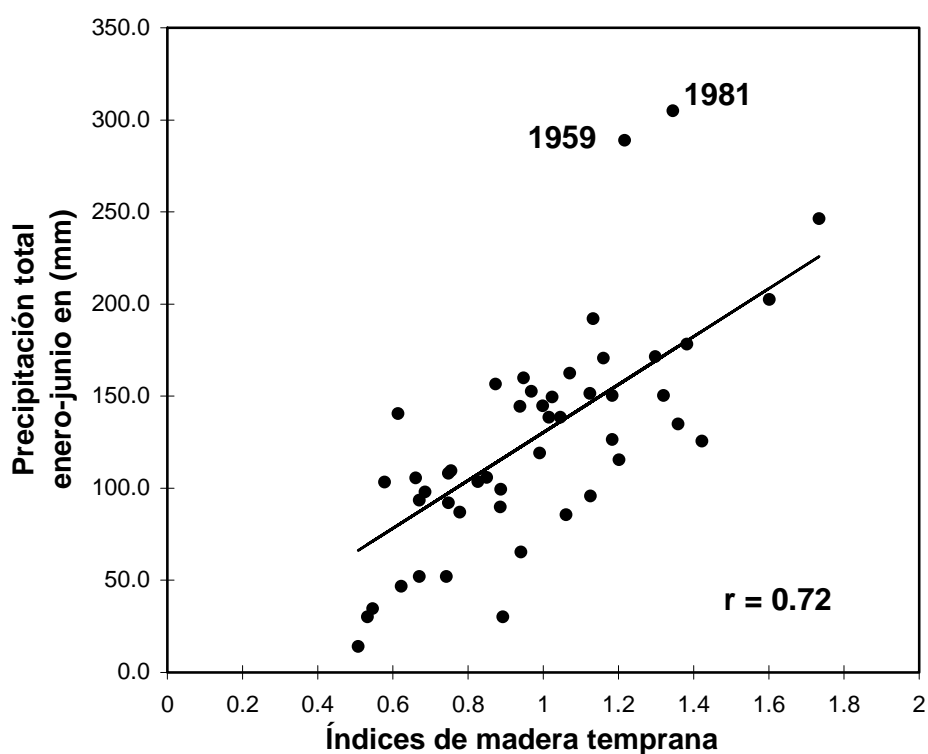


Figura 26. Gráfica de dispersión del modelo de regresión que muestra la variabilidad de la cronología de madera temprana de Sierra de Arteaga, Coah., con la precipitación total de enero-junio para el período 1953-2000.

Se realizó el proceso de calibración de 1976-2000 y de 1953-1975 el de verificación, en base al período de datos climáticos 1953-2000, para generar el modelo de reconstrucción de precipitación. Los resultados obtenidos muestran que la cronología explica más del 70% ($r^2 = 0.74$, $p < 0.001$) de la variabilidad en precipitación para el período de calibración (Cuadro 1, Figura 27); mientras que la verificación, aunque significativa ($p < 0.01$), explica solo el 40% de la variabilidad en precipitación (Cuadro 2, Figura 28).

Cuadro 1. Calibración para la reconstrucción de precipitación de invierno-primavera (enero-junio) para Saltillo, Coahuila, utilizando el promedio de las cronologías estándar de madera temprana para los sitios La Viga, El Coahuilon y Los Pilares, en Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah.

<i>Periodo</i>	<i>R² ajustada</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Prueba de "t"</i>	<i>Probabilidad</i>
1976 - 2000	0.74	a -21.66	18.65	-1.16	0.258
		b 141.32	17.53	8.06	0.000

Cuadro 2. Pruebas estadísticas de la verificación para la reconstrucción de precipitación invierno-primavera (enero-junio), empleando la cronología promedio de madera temprana para Sierra de Arteaga, Arteaga, Coahuila y los datos de precipitación de la estación Saltillo.

<i>Periodo</i>	<i>Correlación de Pearson (r)</i>	<i>Reducción de error</i>	<i>Valor de "t"</i>	<i>Prueba de signos</i>	<i>Primera diferencia significativa</i>
1953 - 1975	0.63*	0.33*	1.86*	4*	6*

***Significativos, $p < 0.05$**

El programa VERIFY5 del DPL, indicó que tanto la calibración como la verificación pasaron la prueba de significancia ($p < 0.05$) para la correlación, reducción de error, valor de “ t “ y primera diferencia significativa. El modelo de regresión obtenido para el periodo 1953-2000 considerado estadísticamente válido para reconstruir el período total de la cronología es:

$$Y_t = -21.66 + 141.32 * X_t$$

Donde:

Y_t = Valor de precipitación reconstruido enero-junio de un año en particular (mm).

X_t = Índice de madera temprana.

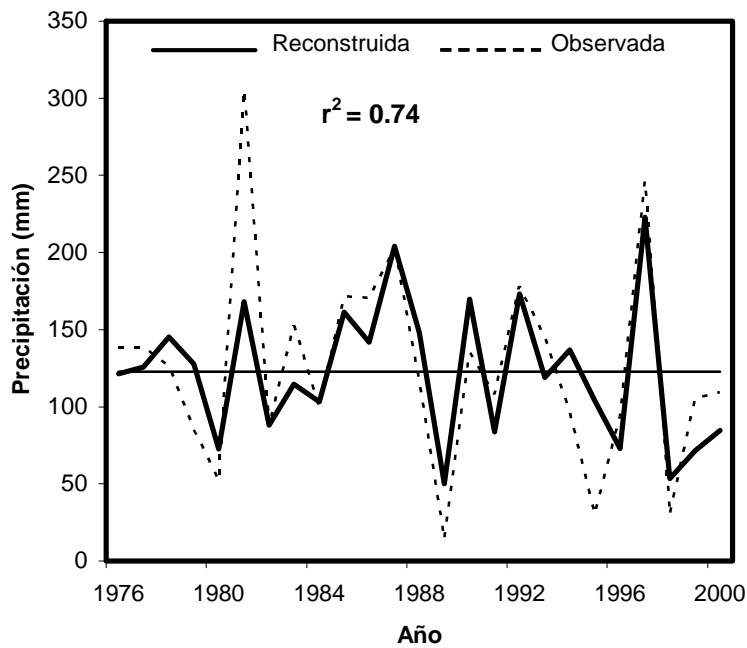


Figura 27. Calibración (1976-2000) para la reconstrucción de precipitación enero-junio en Saltillo, con cronologías de madera temprana de *Pseudotsuga menziesii* de Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah.

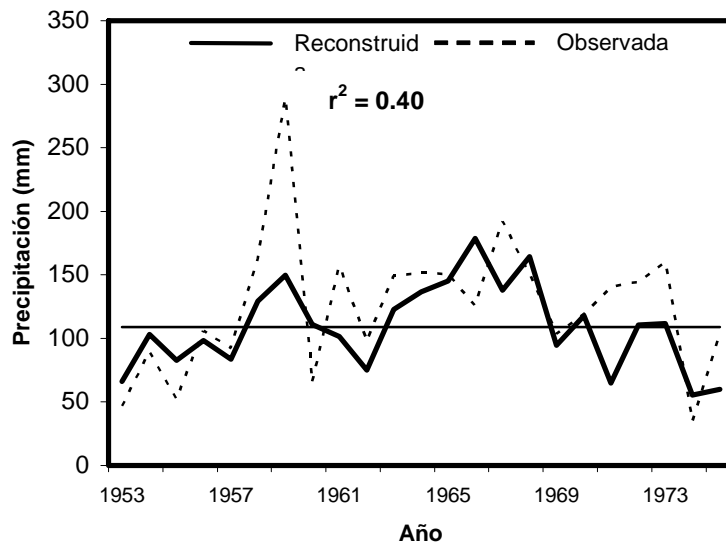


Figura 28. Verificación (1953-1975) para la reconstrucción de precipitación enero-junio en Saltillo con cronologías de madera temprana de *Pseudotsuga menziesii* procedentes de Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah.

Debido a que los subperíodos donde se realizó la calibración como la verificación estuvieron correlacionados significativamente con la cronología de madera temprana, se utilizó el período total de datos climáticos disponibles (1953-2000), que mostró una $r^2 = 0.52$ ($p < 0.001$) (Figura 29).

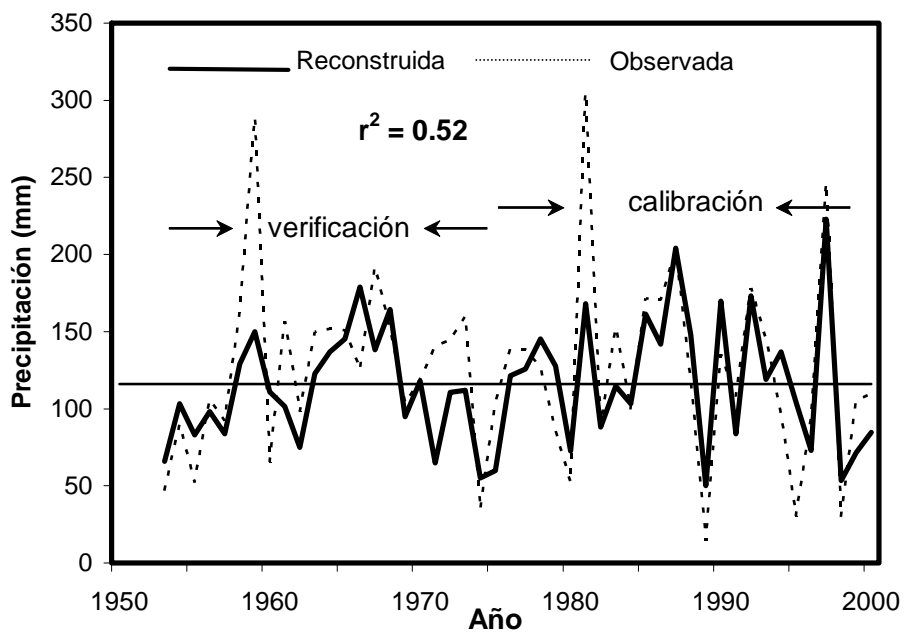


Figura 29. Comparación de precipitación actual (línea punteada) y precipitación reconstruida (línea sólida) invierno primavera (enero-junio) para 48 años, 1953-2000 de datos climáticos disponibles. Este periodo se dividió para desarrollar dos pruebas por separado, calibración y verificación, 1976-2000 y 1953-1975.

La reconstrucción de precipitación invierno-primavera para Saltillo comprende un período de 342 años (1659 – 2001), donde se observa una gran variabilidad de alta (interanual) y baja frecuencia (decenal, multidecenal) de los patrones de precipitación estacional para esta región (Figura 30).

Sequías recurrentes se presentaron en las décadas de 1660, 1690, 1790, 1810, 1860, 1870, 1890, 1920, 1950, 1970 y 1990. Así mismo, importantes periodos cortos y prolongados de eventos secos se pueden apreciar; entre los más extensos están los periodos 1663 – 1670, 1685 – 1695, 1705 – 1743, 1789 – 1810, 1857 – 1875, 1890 – 1895, 1950 – 1965 y 1969 – 1980 (Figura 30).

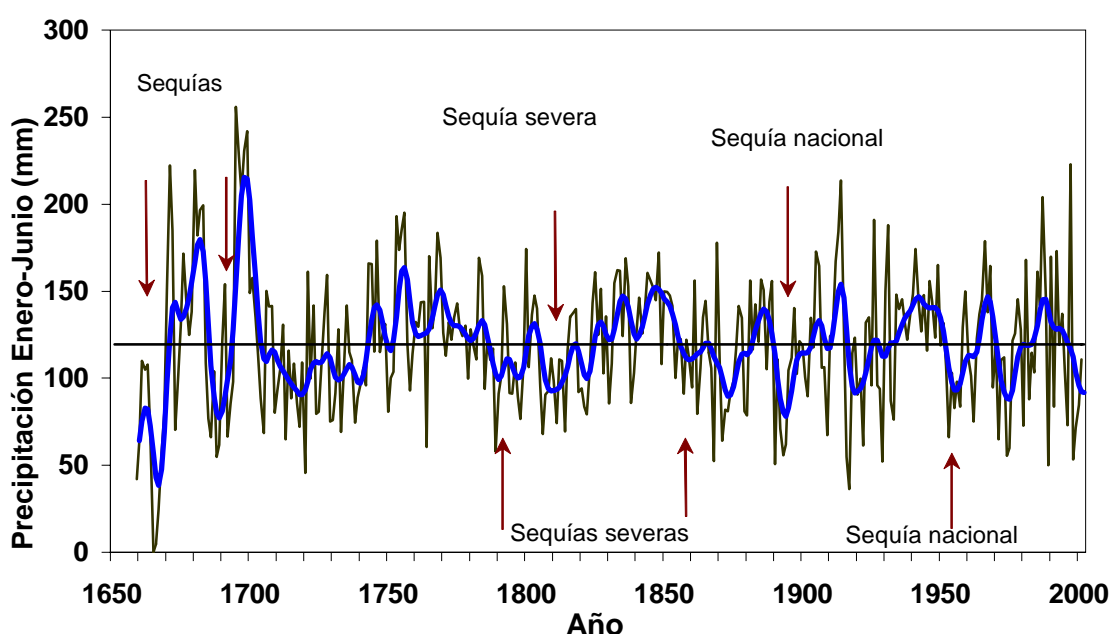


Figura 30. Reconstrucción de la precipitación invierno-primavera (enero-junio) para Saltillo, Coahuila, utilizando como “proxy” los índices de una cronología regional de madera temprana en Sierra de Arteaga, Coah. La línea flexible representa una curva suavizada, que resalta eventos de baja frecuencia ocurridos a lo largo de la reconstrucción, con un promedio de 119.6 mm y una desviación estándar de 39.5 mm.

Entre los periodos más húmedos, (por arriba del promedio normal de precipitación) se observan 1672 – 1683, 1694 – 1699, 1744 – 1785, 1825 – 1850, 1936 – 1950, 1964 – 1968 y 1985 – 1989.

Periodo 1660 y 1685-1695

Los primeros eventos secos se observan en la reconstrucción para la década de 1660 y 1685 – 1695, los cuales parecen ser eventos de sequía de alta intensidad. El grado de severidad que se refleja quizás pueda ser efecto del tamaño de muestra utilizado en esta parte de la reconstrucción, ya que este período lo cubren únicamente muestras de un sólo individuo. Sin embargo, estos mismos períodos se presentan aunque con menor intensidad, en reconstrucciones para el estado de Durango (Stahle *et al.*, 1999, Cleaveland *et al.*, 2003; González, 2003), para Chihuahua (Díaz *et al.*, 2002) y para Nuevo León (Villanueva *et al.*, 2004 en prensa), lo cual viene a corroborar estas sequías. Por otra parte, Florescano (1980) en un análisis histórico de las sequías en las economías preindustriales, indica periodos de sequías de 1660 – 1669 y de 1690 – 1699, el primer periodo (1660-1669) con frecuentes eventos de sequías (cinco en total), siendo las más intensas de 1667 a 1668, segundo periodo con sequías consecutivas de 1690 a 1696, siendo este tipo de sequías consecutivas las de mayor impacto sobre la población desvalida del campo y la ciudad. El periodo de 14 años secos de 1664- 1677 es claro en la reconstrucción de Chihuahua, pero no parece haber impactado fuertemente a Durango (Stahle *et al.*, 1999).

Periodo 1705-1743

Para el periodo de 1705 – 1743, se puede apreciar un evento seco muy prolongado (Figura 30), es importante destacar que durante todo el período, ningún año superó la precipitación promedio que es de 119.6 mm. Sequías similares en cuanto extensión, no se observan en otros trabajos; sin embargo,

Stahle *et al.* (1999) en su reconstrucción para el estado de Durango, reconstruyen un periodo seco de 1698 – 1710. Por otra parte, Díaz *et al.*, (2002) en una reconstrucción de invierno-primavera para la región de Chihuahua reportan eventos secos de 1700 – 1710 y 1725 – 1735, de igual manera Cleaveland *et al.*, (2003) para la reconstrucción de precipitación de invierno para Durango indican la ocurrencia de un periodo seco de 1697 – 1710, González (2003) en su reconstrucción para la región de las Bayas, Durango señala eventos secos de baja intensidad de 1700 – 1710.

Documentos históricos verifican que este fue un periodo crítico en cuanto a sequías y producción de alimentos, se reportan dos fuertes periodos de sequías, una de 1700 a 1709, siendo los años más drásticos de 1701 a 1703, el segundo de 1720 a 1729, con fuertes eventos secos de 1725 a 1727. Así mismo, en este periodo se contemplan periodos de máximos niveles de precios registrados para el maíz como son 1710, 1724-25, 1730-37, 1741-42 y 1740-50 (Florescano, 1980). En general, es un periodo impactado por la correlación entre los máximos ciclos de los precios del maíz y la ocurrencia de eventos secos. Aunque la mayoría de estos registros son para la parte del centro del país, es interesante observar la teleconexión de eventos climáticos en otras regiones del país. La falta de documentación histórica de este tipo de eventos para la parte norte de México, no indica que tales fenómenos no se hayan presentado e impactado económicamente esta región. Estudios de este tipo, verifican que tales fenómenos estuvieron presentes e inclusive algunas veces fueron más intensas que en otras regiones del país.

Periodo 1789-1810

Una de las tres sequías más fuertes reconstruidas que han afectado la región de Saltillo en los últimos 350 años se presentó de 1789 a 1810, lo cual es corroborado por archivos históricos, que consideran este período de tiempo como una escasez permanente de alimentos para Saltillo; el año de 1789, marca el momento en que se inició un periodo de malas cosechas en la región, que parece disminuir hasta la primera década del siglo XIX (Florescano, 1980; García, 1997).

La falta de lluvias que se inicia en 1789, provoca una escasez de maíz que se prolongó hasta 1790, debido a este fuerte problema, el gobernador Miguel José de Emparán declara prohibida la exportación de maíz. Un año después, las lluvias llegaron oportunamente, y en el mes de enero de 1791, el gobernador levantó la prohibición de exportar el grano, evento reflejado en la reconstrucción, ya que para este periodo se observa un aumento en precipitación. Para el año de 1792, la región se ve nuevamente afectada por fuertes heladas y nevadas durante los meses de enero y febrero, que causan estragos enormes en la ganadería, pero no afectan significativamente los campos de cultivo. Para el año de 1793, continúan los problemas de sequías y se prohíbe la extracción de maíz de la provincia de Coahuila, fijando elevadas multas. De 1793 a 1795 García (1997), indica que no se encontraron registros documentales relacionados con la ocurrencia de eventos secos; quizás fue un breve lapso sin problemas, lo cual se verifica en la reconstrucción, ya que justamente para este período, se registra un aumento en la precipitación (Figura 30), lo cual permite afirmar que se trata de un periodo libre de problemas de sequías.

Para el período de 1796 a 1798, las escasas lluvias arruinaron nuevamente las cosechas de maíz y trigo en la provincia de Coahuila, en 1798 se presentó un elemento asociado a las sequías, agudizando la situación, una epidemia de viruela que azotó a la población. Para 1799, la escasez de maíz por las fuertes sequías continuaba, el gobernador de Monclava, el teniente Antonio Cárdenas prohibió la extracción de maíz fuera de la villa de Monclova. La escasez de granos parecía interminable y para 1800 la prohibición volvió a promulgarse. Las plagas (langosta) y hongos (llamados chahuixtle) en el periodo 1801-1802, aunados a las severas sequías agudizaron gravemente la situación, entre el otoño de 1801 y fines de 1802, la escasez se extendió más allá de Monterrey, provocando que el precio de los granos de primera necesidad, principalmente, las harinas se elevaran considerablemente. La autoridad política nuevamente prohibió la extracción de maíz a otras provincias.

Al parecer los estragos causados por la sequía y la escasez de grano que año con año se padecían, así como su concomitante carestía, estaba adquiriendo tintes alarmantes, pues en junta capitular el cabildo expresó en julio de 1802 que:

“La terrible seca que se esta experimentando en todo el recinto de la jurisdicción de esta villa y otras epidemias, han dado margen a que de un día a otro hayan subido el precio de las semillas de primera necesidad y principalmente las harinas, aún siendo el tiempo de las cosechas de ellas, caso que nos ha llenado de la mayor tristeza, reflexionando que el mayor número del pueblo son los pobres, en quiénes caerá el mayor golpe de la calamidad, si a tiempo no se pone remedio”.

Contradictoriamente, en el verano de 1802, torrenciales aguaceros asolaron a las provincias de Coahuila y Monterrey. La combinación de sequía e inundaciones originó una escasez general de granos en Monclova, Monterrey y Saltillo, a raíz de lo cual algunos hacendados que lograron levantar su cosecha obtuvieron grandes beneficios en muy poco tiempo. En Monterrey, la falta de maíz ocasionada tanto por la sequía como por las inundaciones se acercaba a condiciones extremas. Para los años 1803 y 1804, no se registran eventos secos considerables, sin embargo en 1803 aún se sienten los estragos de la escasez por los fenómenos anteriores.

En la reconstrucción para Saltillo (Figura 30), en el periodo 1789 – 1810, se observa un pico, un aumento en la precipitación en todo el periodo, años que presentan una precipitación por arriba de la media y que precisamente son los años 1802, 1803 y 1804, hecho que al igual que los años secos, permiten verificar la calidad de la reconstrucción para una mayor confiabilidad. En la reconstrucción se observa que después de 1804, la precipitación comienza nuevamente a declinar lo cual coincide con García (1997) que indica que en 1805 nuevamente comienzan a experimentarse eventos secos, en ese año, se presenta una terrible sequía, en 1807, ante la escasez de maíz, la respuesta de la autoridad política consistió en buscar esta semilla fuera de la villa; para este fin, en el mes de octubre se encomendó al alcalde que acudiera a Pesquería y a tres lugares del Nuevo Reino de León, a realizar algunos contratos de maíz.

Debido a que no se contaba con suficientes fondos provenientes del erario público, se pidió a los vecinos apoyo económico en calidad de reintegro. Para 1808, durante los meses de abril y mayo, el acopio de los granos no fue suficiente para cubrir el consumo interno, el 18 de junio de 1809, el gobernador de la provincia de Coahuila dirigió a los alcaldes mayores de Monclova y del Valle de Santa Rosa, ubicada al noroeste de esta provincia, un mandato en donde se prohibió terminantemente la extracción de granos y demás comestibles. El 20 de marzo de 1810, con la finalidad de prevenir el desabasto de los mantenimientos y para afrontar la situación crítica, la autoridad acordó que los vecinos se abstuvieran de extraer el maíz de la jurisdicción de la villa de Saltillo. El cabildo notificó a todos los pobladores que tuvieran maíz, lo suministraran al centro de acopio o, de lo contrario, se les obligaría por la vía legal.

“Para disminuir los efectos de la “terrible seca” que se estaba experimentando, se recurrió a la realización de un novenario de misas cantadas al Señor Cristo de la Capilla, se acordó también una procesión pública, además de la celebración de misas a expensas de las limosnas de los fieles que contribuyeron para este fin. En el mes de agosto de este mismo año, la prohibición de extracción de maíz volvió a promulgarse en la Villa de Saltillo, estableciendo la sanción de 25 pesos a los contraventores”.

Florescano y Swam (1995) mencionan que antes de la Guerra de Independencia en 1810 el descontento social aumentaba en el norte y centro de México debido a los altos precios del maíz, sequías y hambre, posible detonante de la Guerra de Independencia.

Así mismo, lo anterior se corrobora con la ocurrencia de esta sequía prolongada en otras reconstrucciones para México, reconstrucción de invierno-primavera para Saltillo (Pohl *et al.*; 2003), reconstrucción de invierno para Durango (Cleaveland *et al.*; 2003), trabajos, en cuyo periodo seco, parece presentar una similitud en cuanto grado de severidad. Este evento seco también es reflejado en otras reconstrucciones climáticas para Durango (Stahle *et al.*, 1999), Texas (Stahle y Cleaveland, 1998) y en cronologías para el centro de México (Therrel *et al.*, 2002). Otros trabajos que señalan este mismo intervalo de tiempo seco pero con una menor intensidad son el de Díaz *et al.* (2002), en su reconstrucción de precipitación invierno-primavera para Chihuahua; Villanueva *et al.* (2004 en prensa), en la reconstrucción invierno-primavera para la región noroeste de Chihuahua y Villanueva *et al.* (2004 en prensa), reconstrucción invernal para el estado de Nuevo León.

Periodo 1857-1875

Otro de los periodos que causaron fuertes estragos a la región de Saltillo durante la mitad del siglo XIX, es el periodo de 1857 – 1875, en el cual ningún año registra una precipitación arriba del promedio para el periodo invierno-primavera. Severas sequías han sido reconstruidas en diversos trabajos para la mitad del siglo XIX, Pohl *et al.*, (2003) en la reconstrucción de precipitación invierno-primavera para Saltillo indica que este periodo es uno de los episodios secos más severos de los últimos 300 años para esta región; así mismo, Texas, EUA, Chihuahua y Durango (Stahle *et al.*, 1998; Díaz *et al.*, 2002; Cleaveland *et al.*,

2003). Estas reconstrucciones indican que este episodio constituye una de las sequías más fuertes que han impactado las diferentes regiones, de igual manera Stahle *et al* (1999) en una reconstrucción para Durango señala este periodo como una de las sequías más severas. Por otra parte, Villanueva y McPherson (1999) reportan una fuerte sequía en este mismo periodo para Animas Mountains, Nuevo Mexico de 1860 – 1864, que aunque es un periodo más corto, ocurre en el mismo intervalo de tiempo, finalmente en una de las reconstrucciones más recientes para el estado de Nuevo León, se indica la ocurrencia de sequías considerables en el periodo de tiempo de 1857 – 1868 (Villanueva *et al.*, 2004 en prensa).

Lo anterior, se corrobora con archivos históricos. García (1997) menciona que en los años cincuenta (1850), la población parecía preocuparse solamente por las guerras civiles, aunque en ocasiones los periódicos difundían otro tipo de información; tal es el caso de una noticia proveniente de Sinaloa sobre la muerte diaria de 500 cabezas de ganado por la seca de junio, que aunada a una helada, había arruinado por completo los pastizales, la cual parece haber afectado la parte norte del país durante el periodo de 1860 – 1869. Los estados que se vieron más perjudicados debido a las sequías fueron Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí y Oaxaca. La situación se complicaba según avanzaba el siglo. Las informaciones provenientes de Coahuila, Colima, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Nuevo León, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Yucatán durante la década de los setenta, muestran los serios problemas que había que enfrentar para cosechar los alimentos. En 1878, la mayoría de los estados del norte de

México sufrieron una sequía que ocasionó una gran escasez y carestía de alimentos en las principales ciudades nortteñas.

De igual manera para este periodo Florescano (1980) reporta tres grandes episodios secos, 1868 que fue una sequía severa que impacto a nivel nacional, 1875, sequía severa registrada en la región norte y mesa central y 1877, sequía considerada de igual manera severa que causó estragos a todo el país.

Con base en los diferentes trabajos que reportan este periodo seco, para diferentes partes del país y la información de archivos históricos, es posible darse cuenta de la severidad e impacto que tuvo este evento a nivel nacional, afectando en algunos años en mayor grado algunas regiones y otros afectando a nivel nacional, en general es un periodo de eventos secos que causo estragos en sur, centro y norte del país.

Periodo 1890-1895

Un periodo considerado como sequía nacional, es el intervalo de tiempo de 1890 – 1895, seis años en los cuales la agricultura, ganadería y personas se vieron fuertemente afectados en la mayor parte de México. Este periodo de sequías severas de finales del siglo XIX es reportado en otras reconstrucciones para Coahuila, Durango, Chihuahua, Baja California Sur, Sonora y Nuevo México

(Pohl *et al.*, 2003; Cleaveland *et al.*, 2003; Stahle *et al.*, 1999 y Díaz *et al.*, 2002; Díaz *et al.*, 2001; Villanueva y McPherson, 1999).

Los archivos históricos son una fuente muy valiosa que permite la verificación de los eventos reconstruidos. García (1997) señala que en 1889 se iniciaba un duro periodo para dos estados norteros; los habitantes de Chihuahua veían como iba disminuyendo los afluentes del Río Bravo; los estanques y las norias no alcanzaban ni para apagar la sed y las siembras de temporal y riego se habían perdido totalmente o estaban a punto de hacerlo. A mediados de 1890 las lluvias no habían aparecido, provocando el abandono de los campos chihuahuenses y sólo en los primeros meses de 1890, las sequías habían ocasionado la muerte de 125 mil animales. Tamaulipas iba a compartir el nada gratificante primer lugar con Chihuahua. Las autoridades tamaulipecas informaron al presidente de la República, que las siembras de maíz y frijol se habían perdido en su totalidad. Se reportan muertes por hambre y por ingerir agua de mar. Al inicio de la década de 1890, los estados que sufrieron absoluta o parcial carencia de precipitación fueron: Aguascalientes, Campeche, Coahuila, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (Florescano, 1980).

En la década de los 1890's existieron dos sequías más o menos generalizadas. La de 1891, que se concentró en los estados norteros con efectos en el resto de la República, y la de 1895, durante la cual se perdieron cosechas, ganado, y murió gente por "hambre". La sequía de principio de los noventa ha sido considerada por algunos estudiosos como una de las "sequías más generalizadas" del siglo XIX, comparándola con la que se había dado casi cien años atrás.

De igual manera, Florescano (1980) reporta estos mismos años como eventos secos de 1889 - 1895, siendo 1891 y 1892 las sequías más severas registradas para todo el país. Acorde a la reconstrucción, el período de 1907 a 1910 presentan una caída en la precipitación, que aunque no es una sequía considerable, existe una disminución de lluvia, lo anterior se corrobora en Florescano (1980) quien indica estos mismos años como secos, 1908 y 1910 se consideran años con sequía severa, en especial el año de 1910 que afectó en particular al estado de Nuevo León.

Periodo 1915-1925

Las sequías aparecieron con frecuencia en el siglo XX. En la gráfica (Figura 30) de la reconstrucción para Saltillo, Coahuila, en la segunda y tercer década del siglo XX se observa un período de fuerte sequía (1915 – 1925). Este período seco se encuentra históricamente documentado (Florescano, 1980). El período de 1910-1930 se caracterizó por sequías frecuentes y de media intensidad, con

excepción de las de 1918 y 1919 que fueron leves, las de 1923 y 1927 fueron severas y la de 1925 que fue extremadamente severa. Las sequías incluidas en el periodo 1910 - 1930 tuvieron ocurrencia en México, y en otras partes del continente Americano como las de 1917, 1919, 1922, 1924, 1928 y 1930.

Periodo 1950-1965

Las intensas sequías de la década de 1950 y mediados de 1960 (1950-1965), son uno de los eventos secos que al igual que el periodo 1857-1875, han impactado severamente la región de Saltillo. La década de 1950, se considera como sequía extrema que impacto a México y gran parte del suroeste de los Estados Unidos (Florescano y Swam, 1995).

Sequías severas reportadas a mediados del siglo XX (1950-1959), también se han observado para Texas, EUA, en períodos similares a los reportados para México (Stahle y Cleaveland, 1988). Las sequías reportadas para Durango en el período 1950-1965, ha sido una de las sequías más extensas (Stahle *et al.*, 1999; Cleaveland *et al.*, 2003), que también ocurrió en Sonora y Nuevo Mexico 1950-1960, y para este último estado, se considera el período de sequía más extremo durante los últimos 1000 años (D'Arrigo y Jacoby., 1992; Betancourt *et al.*, 1993; Grissino-Mayer, 1995; Villanueva y McPherson, 1999). De igual manera Díaz *et al.* (2002), reportan para Chihuahua este mismo evento seco 1948-1964, como uno de los periodos secos más largos de los últimos 346 años. En reconstrucciones

recientes realizadas por personal del Laboratorio de Dendrocronología del INIFAP CENID-RASPA, en Gómez Palacio, Dgo. se reporta un período de sequía similar para Chihuahua (1945-1960) y Nuevo León (1952-1956), período más seco del siglo XX (Villanueva *et al.*, 2004 en prensa).

En un análisis de las sequías en el siglo XX, Florescano (1980) señala que México ha sido dañado por frecuentes sequías de 1930 – 1977, período que presenta 20 sequías severas y seis extremadamente severas.

Para la década de 1950, los años de 1950, 1951, 1953, 1956 y 1958, se reportan como años con sequía severa y 1957 como sequía extremadamente severa. La década de 1960, que integra los años de 1960, 1962 y 1969, se consideran sequías extremadamente severas. Dichas sequías han impactado no únicamente a México, las sequías de los años 1950, 1956 y 1957, impactaron en toda América. En la segunda década 1960, las sequías de 1960 y 1969, golpearon fuertemente todo el continente Americano (Florescano, 1980).

Las sequías severas de 1956 y 1957, ocasionaron desempleo y migración, así como movilizaciones campesinas. La sequía de 1956, afectó esencialmente el norte de México, dañando a 60 000 campesinos, recrudeciendo el bracerismo. Esta crisis económica y ocupacional fue particularmente grave en la Comarca Lagunera, donde por la carencia de agua se paralizaron las labores agrícolas y se

incremento de igual manera el bracerismo. En 1957 esta sequía se extendió al centro del país, agudizando el desempleo y la migración de la población a los Estados Unidos. Sin lugar a dudas, una de las luchas campesinas que más destacó fue registrada en la Comarca Lagunera en la década de 1950, que se extendió hasta principio de los sesenta.

Periodo 1969-1980

De igual manera Florescano (1980) reporta la década de los 1970's, como un siguiente período con intensas sequías para México, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, años con ocurrencia de severas sequías y 1977 un año de secas extremadamente severas. Así mismo, el evento seco 1972 impacto simultáneamente Oceanía, Asia y América, y 1974, 1975, se registran en toda América. Es importante señalar que estas sequías intensas tuvieron su mayor impacto en el norte de la República Mexicana.

De esta manera los anteriores registros históricos permiten la verificación del episodio seco reconstruido para el periodo 1969 – 1980, que afectó fuertemente la región de Saltillo, coincidiendo con González (2003), quien reporta el mismo periodo para el sur de Durango.

Periodo 1990-2001

Finalmente, el siglo XX culminó impactando nuevamente la región de Saltillo, se observa en la reconstrucción el período 1990 – 2001, como sequía final del periodo de reconstrucción y específicamente como década particularmente seca de finales del siglo. En este aspecto concuerda nuevamente con la reconstrucción para el sur de Durango realizada por González (2003), quién indica que este período fue el más seco de los últimos tres siglos.

Teleconexión de la reconstrucción de precipitación invierno-primavera para Saltillo, Coah. con Índices de El Niño

El fenómeno de El Niño es uno de los patrones de circulación atmosférica que afecta el norte de México y origina un incremento en la precipitación invernal, principalmente en su fase cálida (Stahle *et al.*, 1998, Magaña *et al.*, 1999). Sin embargo, la porción noreste del país es menos propensa a ser afectada por este fenómeno y la lluvia en esta región depende de la presencia de huracanes en las estaciones verano, otoño y de la incursión de masas de aire frío en la estación invernal (Magaña *et al.*, 1999).

La teleconexión extratropical de ENSO en el estado de Coahuila se ilustra con la variabilidad de la correlación con el Índice de Lluvia Tropical (TRI, siglas en inglés), el cual es un estimativo de la variabilidad del ENSO.

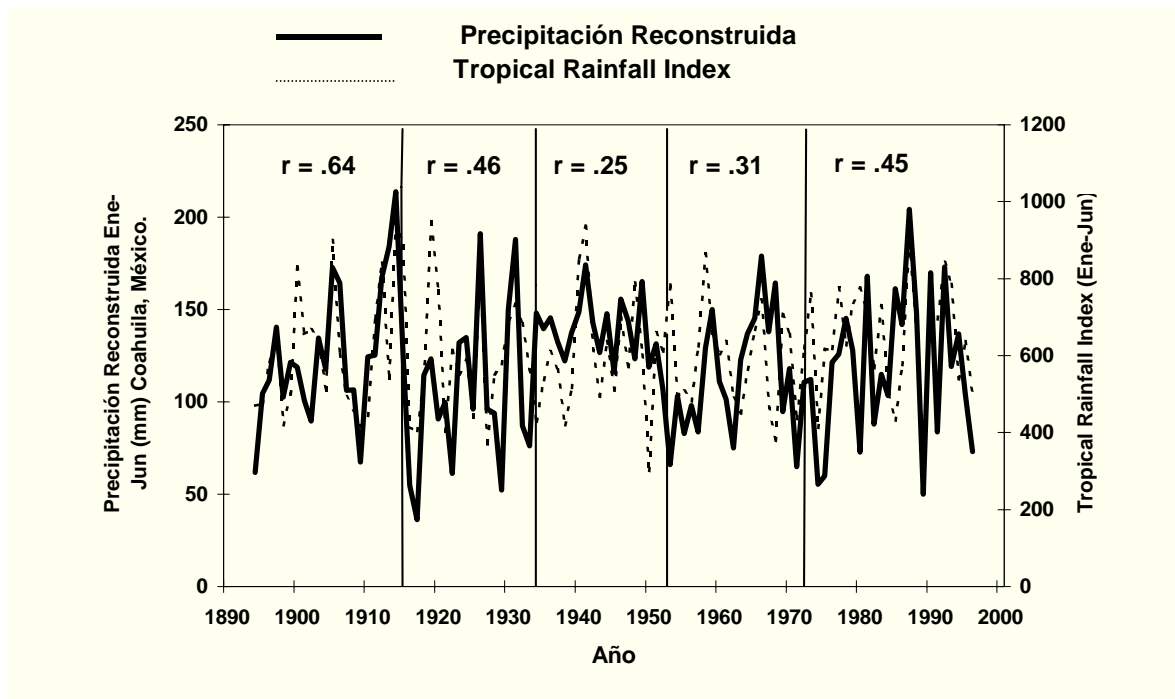


Figura 31. Correlación entre la precipitación reconstruida del período enero-junio para Saltillo y el Tropical Rainfall Index (Índice de Lluvia Tropical), para el período 1896 – 1995 y dividido en subperíodos de 20 años. Observe las correlaciones fluctuantes a lo largo del período, lo que demuestra la gran inestabilidad de la teleconexión ecuatorial del pacífico con el clima de esta región. Los valores son significativos para los períodos 1895 – 1914, $p = < 0.01$; 1915 – 1934, $p = < 0.05$ y 1975 – 1994, $p = < 0.05$.

La teleconexión extratropical de ENSO, representada por el Índice de Lluvia Tropical del período (1896 – 1995), con la reconstrucción de precipitación para Saltillo, Coahuila, para el mismo período, indicó fluctuación en el tiempo. Las correlaciones detectadas, fluctuaron en el rango de 0.24 a 0.65, con el valor más alto antes de 1915 y el valor más bajo de 1935 – 1954 (Figura 31).

Las cronologías de Sierra de Arteaga, Coahuila, donde se derivó la reconstrucción, se encuentran ubicadas en sitios de la Sierra Madre Oriental, cuya precipitación invierno – primavera no tiene un componente muy importante de la influencia del Niño Oscilación del Sur, en cambio, mucha de la precipitación en esta región se atribuye a la presencia de frentes fríos, así como de tormentas tropicales y presencia de huracanes desarrollados en el Golfo de México que ocurren en la estación de verano.

Las correlaciones encontradas muestran que aunque la porción noreste del país, es menos afectada por el fenómeno del Niño y en específico la Sierra Madre Oriental que no presenta una influencia importante del Niño Oscilación del Sur, este fenómeno si tiene cierta influencia en las condiciones de precipitación para esta región del país. Con respecto a la variabilidad que este fenómeno ha tenido en el tiempo se puede indicar que a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, parece que la influencia de este fenómeno fue mayor ($r = 0.64$), con una influencia menor en el periodo de 1935 – 1954 ($r = 0.25$), posteriormente después de mediados del siglo XX, nuevamente la influencia de este fenómeno en la precipitación para esta región ha venido en ascenso.

Representatividad nacional de la precipitación reconstruida

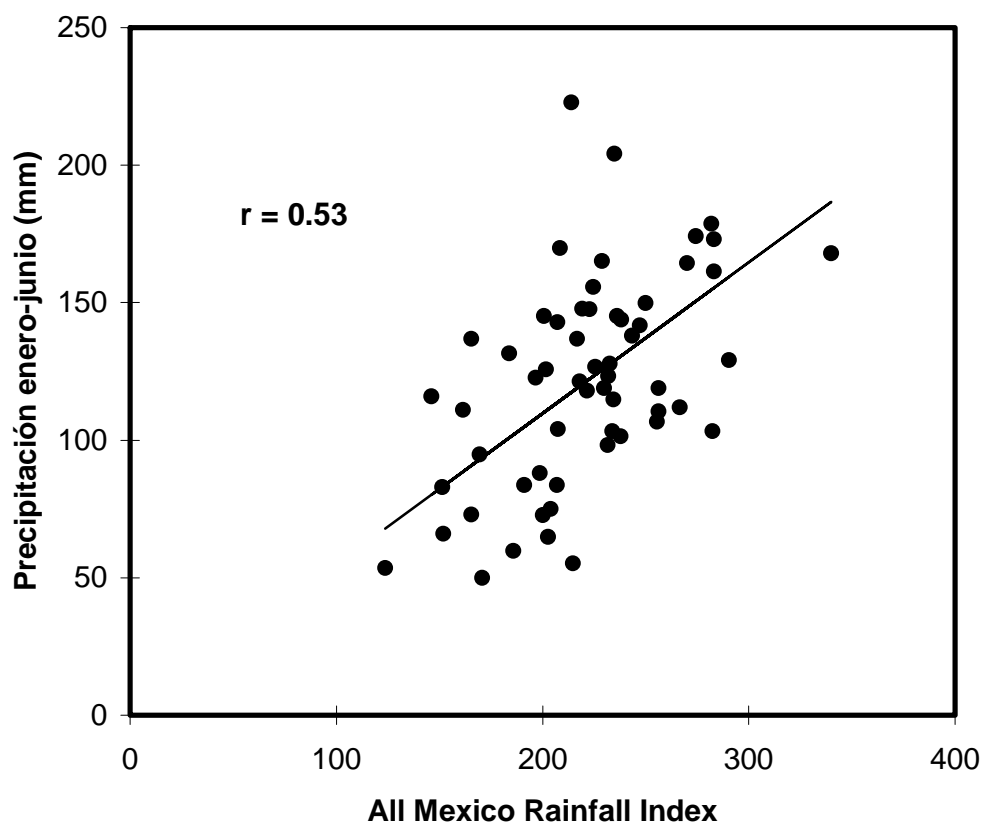


Figura 32. Gráfica de dispersión del modelo de regresión que muestra la variabilidad de la precipitación reconstruida enero-junio para Sierra de Arteaga, Coah; con el All Mexico Rainfall Index enero-junio para 1941-1998.

La representatividad tanto de la lluvia observada y reconstruida en Saltillo con la del resto del territorio nacional, se determinó al comparar la precipitación reconstruida con la precipitación promedio nacional de un período común 1941-1998 (Figura 32 y 33). No obstante que la lluvia promedio a nivel nacional se encuentra sesgada por aquellas regiones más húmedas, al compararla contra la

precipitación reconstruida, se encontró una correlación significativa ($p < 0.001$), lo cual indica, que la lluvia en esta región, aunque de menor volumen, de alguna manera está influenciada por patrones de circulación atmosférica que determinan la precipitación en otras áreas de México. Esta información es relevante, ya que de esta manera es posible relacionar la precipitación de este lugar con información de producción de alimentos, forestal, pecuaria, etc., ocurrida en otras partes del país.

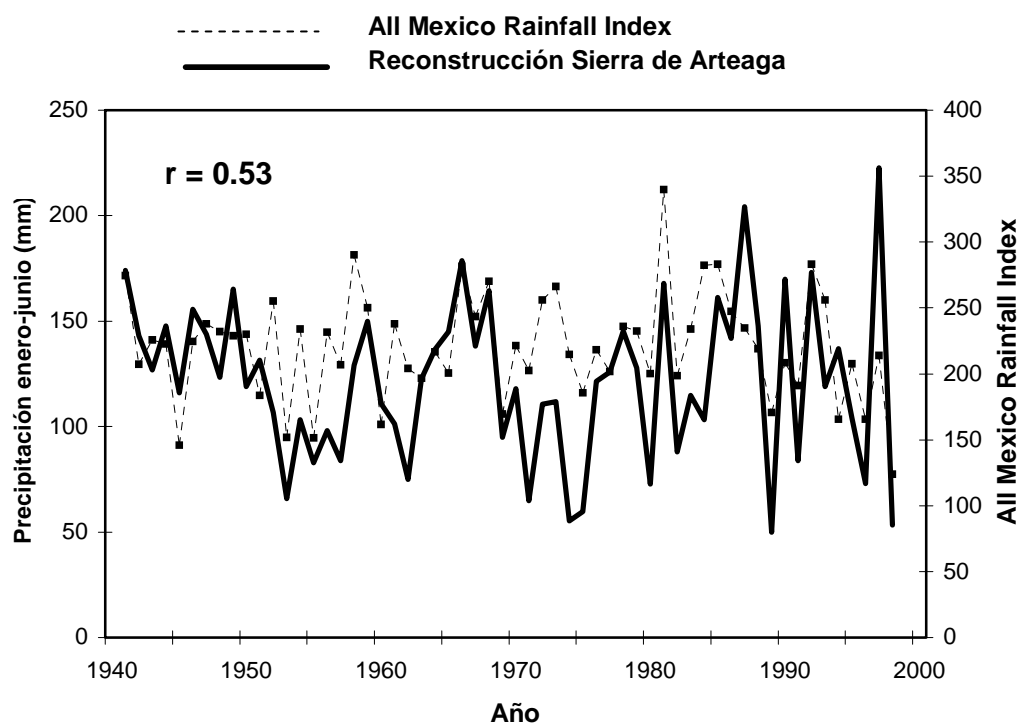


Figura 33. Comparación entre la precipitación reconstruida del período enero – junio para Saltillo, Coahuila (línea sólida) y el Índice de Precipitación para todo México (All Mexico Rainfall Index) (línea punteada). El período analizado se extendió de 1941-1998 y se obtuvo una $r = 0.53$ ($p < 0.001$).

Análisis de correlación entre cronologías del norte de México

En el análisis de correlación para las cronologías del norte de México, se detectó que las más altas correlaciones se obtuvieron para las cronologías derivadas dentro de una región en particular, caso específico, son aquellas cronologías de anillos de árboles que se desarrollaron dentro de la Sierra Madre Occidental en los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas, y para la Sierra Madre Oriental en sitios de Coahuila y Nuevo León.

Cuadro 3. Matriz de correlación para cronologías estándar “anillo total”, para el norte de México, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental. Coeficientes de correlación, NS = No significativo; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$ y *** = $p < 0.0001$.

	Coc	Cband	Bayas	Nvaca	Bisa	Cdo	Mdg	Sdia	Viga	Coah	Coso	Pilar	Morro	Tarillal	Pnev	Potosi	Jteúl
Coc	1																
Cband	0.71***	1															
Bayas	0.66***	0.67***	1														
Nvaca	0.64***	0.72***	0.51***	1													
Bisa	0.67***	0.59***	0.57***	0.61***	1												
Cdo	0.54***	0.50***	0.49***	0.45***	0.76***	1											
Mdg	0.56***	0.38***	0.31***	0.49***	0.67***	0.43***	1										
Sdia	0.54***	0.42***	0.34***	0.54***	0.71***	0.58***	0.73***	1									
Viga	0.46***	0.61***	0.53***	0.54***	0.40***	0.26**	0.23**	0.32***	1								
Coah	0.47***	0.54***	0.47***	0.56***	0.37***	0.18*	0.32***	0.32***	0.69***	1							
Coso	0.24**	0.09NS	0.04NS	0.17NS	0.14NS	0.13NS	0.20*	0.32***	0.07NS	0.06NS	1						
Pilar	0.43***	0.55***	0.62***	0.48***	0.33***	0.27**	0.19*	0.30***	0.75***	0.61***	-0.04NS	1					
Morro	0.16NS	0.35***	0.23**	0.26**	0.14NS	0.02NS	0.09NS	0.15NS	0.61***	0.53***	-0.04NS	0.48***	1				
Tarillal	0.39***	0.61***	0.43***	0.58***	0.38***	0.24**	0.27***	0.36***	0.70***	0.59***	0.05NS	0.66***	0.61***	1			
Pnev	0.32***	0.39***	0.42***	0.31***	0.23**	0.14NS	0.10NS	0.10NS	0.53***	0.60***	-0.09NS	0.51***	0.39***	0.52***	1		
Potosi	0.45***	0.53***	0.49***	0.60***	0.30***	0.13NS	0.24**	0.21**	0.65***	0.75***	0.07NS	0.66***	0.40***	0.69***	0.61***	1	
Jteúl	0.55***	0.72***	0.60***	0.72***	0.43***	0.25**	0.39***	0.40***	0.65***	0.70***	0.11NS	0.57***	0.42***	0.66***	0.45***	0.69***	1

Durango (Coc = Cocono, Cband = Cerro Banderas, Las Bayas, Nvaca = Noria la Vaca).

Chihuahua (Bisa = Bisaloachi, Cdo = Cebadillas de Ocampo, Mdg = Mesa de las Guacamayas, Sdia = Sierra del Diablo).

Zacatecas (Jteúl = Jiménez del Teúl).

Coahuila (La Viga, Coah = El Coahuilón, Coso = Cañón del Oso, Los Pilares, El Morro y El Tarillal).

Nuevo León (Pnev = Peña Nevada, El Potosí).

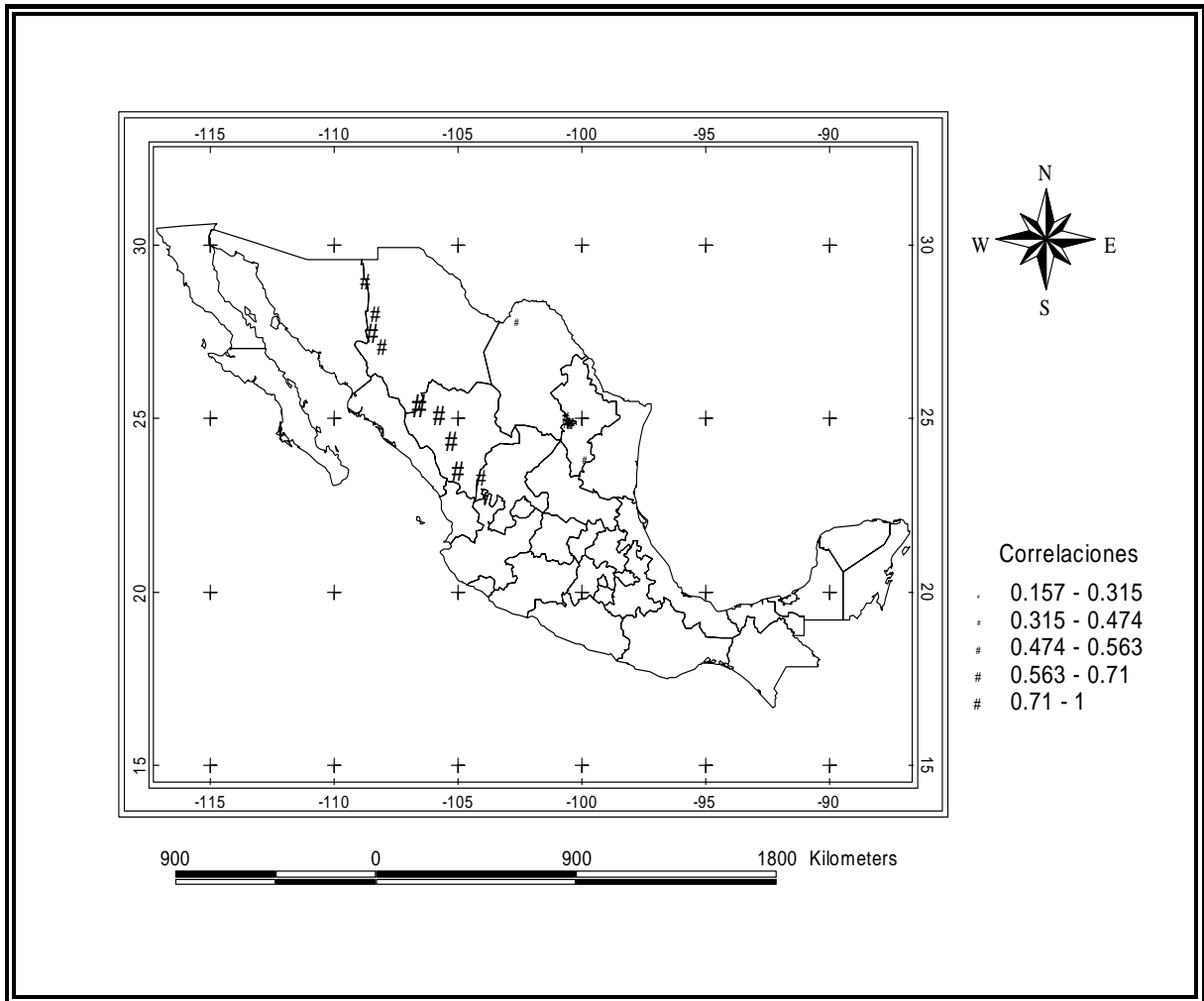


Figura 34. Correlación entre 17 diferentes cronologías de anillo total para el norte de México. Observe la diferencia en el grado de correlación entre las cronologías de Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental.

La matriz muestra las correlaciones entre las diferentes localidades. Se comparó el sitio de El Cócono, Durango (cronología más extensa), con el resto de las cronologías. Los resultados indican que la correlación entre esta cronología (Cócono) con los sitios Cerro Banderas, Las Bayas, Noria la Vaca, Bisaloachi, Cebadillas de Ocampo, Mesa de las Guacamayas, Sierra del Diablo y Jiménez del Teul, son las más altas, esto se debe principalmente a su ubicación en una misma

región geográfica y climáticamente influenciada por patrones de circulación atmosférica que producen efectos similares en crecimiento en gran parte de la Sierra Madre Occidental (Cuadro 3, Figura 34). En contraste, ocurre con los sitios La Viga, El Coahuilón, Cañón del Oso, Pilares, El Morro, El Tarillal, Peña Nevada y Cerro el Potosí, que presentan correlaciones más bajas por la diferente región geográfica (Sierra Madre Oriental) (Cuadro 3, Figura 34). Lo anterior indica que la precipitación para una región en particular está gobernada por patrones circulatorios distintos. El norte de México, está influenciado por el efecto del Niño en el invierno y por el Monzón durante el verano; por otra parte, el noreste de México sufre la influencia de los frentes fríos o de “nortes” en el invierno y de huracanes en la época cálida del año, por ende la respuesta climática es distinta, especialmente a un nivel de resolución anual, aunque para ciertos períodos de tiempo se tengan tendencias similares.

Sin embargo se aprecia una buena correlación entre las cronologías de Sierra de Arteaga (La Viga, El Coahuilón, Pilares, El Morro y El Tarillal), con cronologías del estado de Durango, disminuyendo considerablemente esta correlación, con los sitios del estado de Chihuahua, esto se atribuye además de lo antes mencionado, a la distancia territorial que existe entre cronologías, ya que las áreas de trabajo en Durango se distribuyen en la región centro, de norte a sur del estado, considerablemente más cerca de Sierra de Arteaga, Coah., que los puntos de muestreo de Chihuahua que se ubican al norte y noroeste del mismo estado (Figura 34 y 35).

La tendencia de las cronologías al compararlas dentro de una misma región, produce altas correlaciones.

Cuadro 4. Matriz de correlación para cronologías de Sierra Madre Occidental.

	<i>Cocono</i>	<i>Cbandera</i>	<i>Bayas</i>	<i>Nvaca</i>	<i>Bisa</i>	<i>Cocampo</i>	<i>Mguacas</i>	<i>Sdiablo</i>	<i>Jteúl</i>
Cocono	1								
Cbandera	0.58***	1							
Bayas	0.69***	0.62***	1						
Nvaca	0.63***	0.56***	0.55***	1					
Bisa	0.66***	0.49***	0.56***	0.55***	1				
Cocampo	0.58***	0.39***	0.49***	0.48***	0.77***	1			
Mguacas	0.47***	0.26***	0.30***	0.40***	0.67***	0.45***	1		
Sdiablo	0.47***	0.36***	0.35***	0.41***	0.63***	0.49***	0.63***	1	
Jteúl	0.31***	0.26***	0.31***	0.40***	0.20**	0.17**	0.18**	0.34***	1

NS = No Significativa

* = Significativa, $p < 0.05$

** = Significativa, $p < 0.01$

*** = Significativa, $p < 0.0001$

Cuadro 5. Matriz de correlación para cronologías de Sierra Madre Oriental.

	<i>Pnevada</i>	<i>Viga</i>	<i>Coahuilon</i>	<i>Coso</i>	<i>Pilares</i>	<i>Cpotosi</i>	<i>Morro</i>	<i>Tarillal</i>
Pnevada	1							
Viga	0.53***	1						
Coahuilon	0.60***	0.69***	1					
Coso	-0.07NS	0.07NS	0.04NS	1				
Pilares	0.51***	0.77***	0.64***	-0.01NS	1			
Cpotosi	0.61***	0.65***	0.75***	0.08NS	0.73***	1		
Morro	0.42***	0.66***	0.60***	-0.02NS	0.56***	0.46***	1	
Tarillal	0.47***	0.68***	0.54***	0.10NS	0.73***	0.71***	0.54***	1

NS = No Significativa

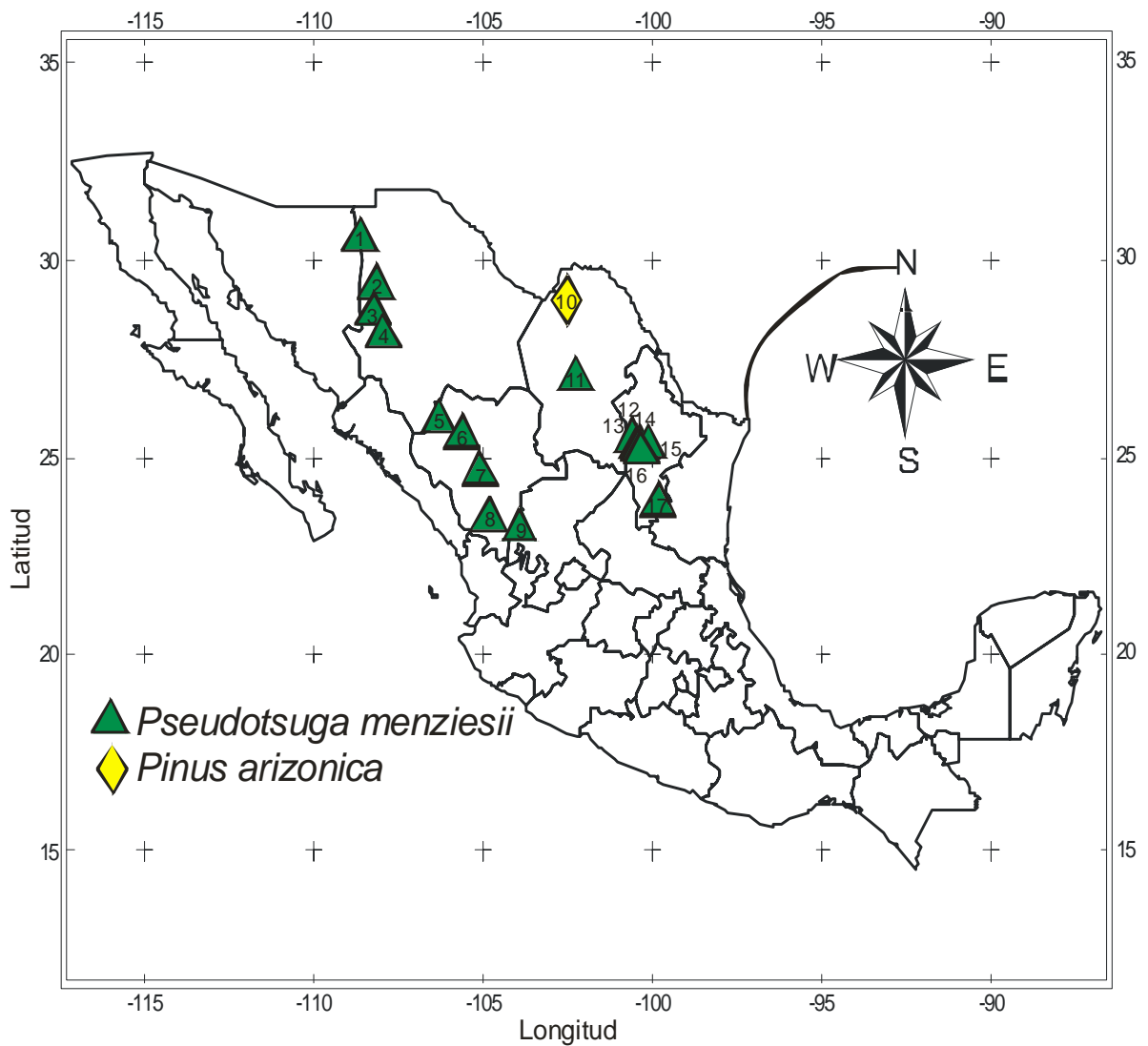
* = Significativa, $p < 0.05$

** = Significativa, $p < 0.01$

*** = Significativa, $p < 0.0001$

La correlación es mayor al comparar únicamente las cronologías de Sierra Madre Oriental. El sitio Cañón del Oso (Coso), en Maderas del Carmen, presenta bajas correlaciones, incluso correlaciones negativas, esto es debido a las condiciones de microclima muy particular que predominan en estos sitios, por ser montañas altas rodeadas de zonas áridas (Cuadro 5).

La presencia de bajas correlaciones entre algunas de las cronologías generadas únicamente en la Sierra Madre Occidental, se debe a cuestiones microclimáticas que pueden producir diferencias en los índices dendrocronológicos. Sin embargo, conforme se incrementa el número de cronologías para una misma zona, estas diferencias se acentúan y se pueden comparar todas ellas para obtener una representatividad regional (Cuadro 4).



Nombre del sitio	Cronología	Elev. (m)	Nombre del sitio	Cronología	Elev. (m)
1. Mesa de las Guacamayas	1636-2002	2665	10. Maderas del Carmen	1761-2002	1700
2. Madera	1774-2001	2820	11. Sierra Cuatro Ciénegas	1719-2003	2180
3. Bisaloachi	1537-2002	2744	12. El Tarillal	1775-2000	3200
4. Cebadillas de Ocampo	1588-2002	2781	13. Pilares	1855-2000	3150
5. El Cócono	1450-2002	1950	14. La Viga	1659-2001	3400
6. Ciénega de la Vaca	1763-2002	2800	15. El Coahuilón	1700-2001	3200
7. Cerro Bandera	1675-2001	3170	16. El Morro	1872-2000	3500
8. Las Bayas	1681-2001	2980	17. Mesa de los Gatos	1400-2002	3200
9. Jiménez de Teúl	1758-2001	2758			

Figura 35. Distribución de cronologías generadas para el norte de México.

Análisis de la tendencia histórica de eventos climáticos de la reconstrucción de precipitación para Saltillo, con reconstrucciones analizadas para el norte de México.

La comparación de eventos de baja frecuencia, entre las reconstrucciones de precipitación que cubren prácticamente las estaciones de invierno y primavera para el período común de 1782 a 1992, indicó correlaciones significativas ($p < 0.05$) entre todas ellas.

De igual manera que el análisis de correlación de cronologías para el norte de México, la comparación de diferentes reconstrucciones, sigue reflejando que las correlaciones más altas se observan entre estudios desarrollados para una misma región (Cuadro 6). Así la reconstrucción de Bisaloachi, al noroeste de Chihuahua y este de Sonora (Villanueva *et al.*, 2004 en prensa), indica una correlación de casi 0.8 con la reconstrucción para Chihuahua (Díaz *et al.*, 2002) y Durango (Cleaveland *et al.*, 2003), por el contrario se detecta una correlación baja con la reconstrucción de Peña Nevada, N. L. (Villanueva *et al.*, 2004 en prensa) y Saltillo, Coah.

Cuadro 6. Correlaciones entre las diversas reconstrucciones de precipitación invernal y primavera existentes para el norte de México con la reconstrucción de Sierra de Arteaga, Coahuila, para un periodo común de 1782-1992.

<i>Reconstrucciones de lluvia invernal.</i>	<i>Ppt. Ene-Jun, Saltillo, Coahuila.</i>	<i>Ppt, Nov-Abril, Chihuahua (Díaz et al. 2002)</i>	<i>Ppt, Oct-May, Bisaloachi, Chih. (Villanueva et al. 2004)</i>	<i>Ppt, Nov-Mar, Durango (Cleaveland et al. 2003)</i>	<i>Ppt, Ene-Jun, Saltillo (Phol et al. 2003)</i>	<i>Ppt, Dic-Abr, Peña Nevada N.L. (Villanueva et al. 2004)</i>
Ppt, Ene-Jun, Saltillo, Coahuila	1					
Ppt, Nov-Abr, Chihuahua (Díaz et al. 2002)	0.46	1				
Ppt, Oct-May, Bisaloachi, Chih. (Villanueva et al. 2004)	0.37	0.79	1			
Ppt, Nov-Mar, Durango (Cleaveland et al. 2003)	0.57	0.78	0.65	1		
Ppt, Ene-Jun, Saltillo (Phol et al. 2003)	0.71	0.43	0.38	0.55	1	
Ppt, Dic-Abr, Peña Nevada N.L. (Villanueva et al. 2004)	0.56	0.37	0.33	0.51	0.49	1

La sincronización de los períodos secos o húmedos a nivel década muestra cierta similitud para las diversas reconstrucciones (Figura 36). La presencia generalizada de eventos secos y húmedos que en ciertos períodos cubrieron gran parte de la superficie del territorio nacional. De esta manera, los eventos secos comunes más importantes en las reconstrucciones fueron 1780, 1800-1810, 1815-1820, 1860, 1870, 1890, 1900-1910, 1950 y 1970. Los períodos húmedos se observan en las décadas de 1830, 1840, 1880, 1940 y 1960.

Estas similitudes en la tendencia climática se ve interrumpida en ciertos años por años muy secos o muy húmedos, según el caso, especialmente debido a la presencia de eventos cálidos de El Niño, que en ciertos años y en el período invernal provocaron lluvias abundantes en el norte de México, aunque ocasionalmente son seguidos por años secos.

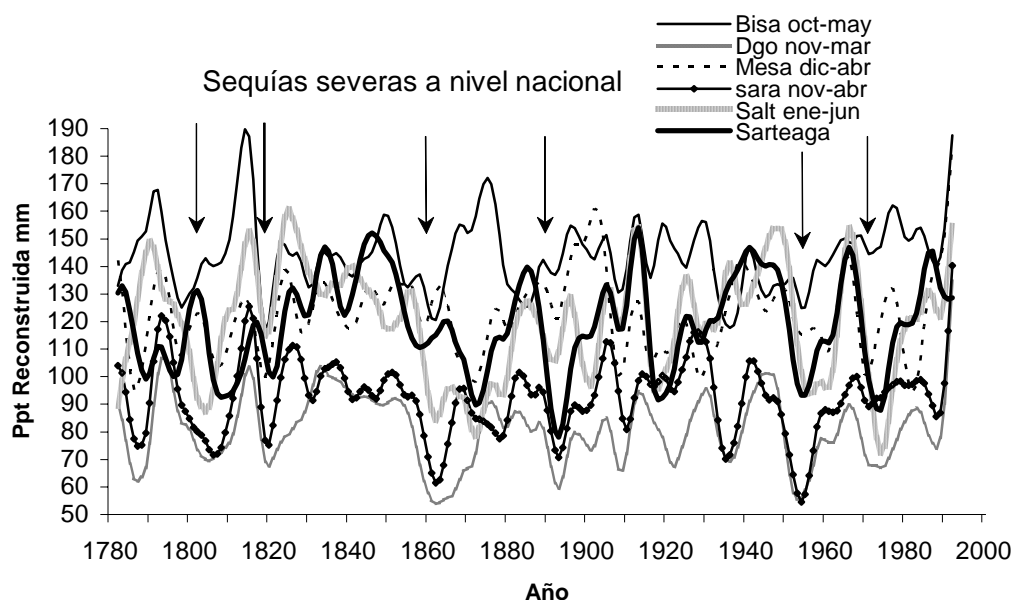


Figura 36. Comparación de la reconstrucción de precipitación de Sierra de Arteaga, Coah. del período enero-junio con eventos de baja frecuencia, ocurridos en reconstrucciones de precipitación invernal para el norte y noreste de México.

Bisa = Ppt, Oct-May, Bisaloachi, Chih. (Villanueva et al. 2004)
Dgo = Ppt, Nov-Mar, Durango (Cleaveland et al. 2003)
Mesa = Ppt, Dic-Abr, Peña Nevada N.L. (Villanueva et al. 2004)
Sara = Ppt, Nov-Abril, Chihuahua (Díaz et al. 2002)
Salt = Ppt, Ene-Jun, Saltillo (Phol et al. 2003)
Sarteaga = Ppt. Ene-Jun, Saltillo, Coahuila. (Desarrollada en el presente trabajo).

La similitud o sincronización de los eventos secos en las diferentes reconstrucciones, es un hecho importante que permite conocer la cobertura de estos fenómenos, que incluso en ciertas regiones es verificado con archivos históricos (Florescano, 1983; García, 1997). Varios de los periodos comunes (1800-1810, 1818-1822, 1855-1865, 1885-1895, 1950-1960 y 1970s), en las diferentes cronologías son eventos secos que han impactado a México a nivel nacional.

CONCLUSIONES

Las cronologías de madera temprana, tardía y anillo total de *Pseudotsuga menziesii*, generadas para la Sierra de Arteaga, Arteaga, Coah. indican el potencial que tiene esta especie para captar la señal climática, al presentar un fechado excelente y explicar un alto porcentaje de la variabilidad observada en precipitación. Las cronologías tanto de madera temprana como tardía de los cinco sitios de trabajo en Sierra de Arteaga (La Viga, El Coahuilón, Los Pilares, El Morro y El Tarillal), respondieron significativamente al período de precipitación invierno-primavera (enero – junio). La falta de una respuesta significativa entre el crecimiento de la madera tardía y precipitación de verano, se atribuye al hecho, de que gran parte de la precipitación de verano se presenta al final de la estación de crecimiento, cuando el árbol posiblemente ha cesado su división celular, además de que muchas de las lluvias superan la capacidad de infiltración del suelo y escurren como flujo superficial. Caso contrario ocurre con la precipitación invernal, con lluvias de baja intensidad y de larga duración, las cuales se almacenan en el perfil del suelo y están disponibles al inicio de la estación de crecimiento. Adicionalmente estas lluvias se presentan en un período de baja evaporación, por lo que un alto porcentaje de la misma es infiltrada al suelo resultando efectiva para el crecimiento.

La reconstrucción de precipitación de invierno-primavera (enero-junio), 1700-2002 para la región de Saltillo, Coahuila, indica sequías de gran magnitud y de mayor duración que aquellas acontecidas en las décadas de 1950 y 1960, que

también afectaron otras partes del país. La fuerte sequía de finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, que asoló la región de Saltillo, se presentó en el período 1789-1810, y se le asocia con una escasez muy fuerte de alimentos para esta región del país. Esta sequía debido a su intensidad y extensión, pudo haber sido un detonante de la Guerra de Independencia, debido a que no solo Saltillo padeció los estragos de esta sequía, ya que existe información histórica documentada, que simultáneamente ocurrieron sequías en otras regiones del norte y centro de México.

En general, las sequías más fuertes reconstruidas para la región de Saltillo se presentaron en los períodos 1789-1810, 1857-1875, 1950-1965 y en las décadas de 1970, 1990. Es importante observar, que las sequías más severas en la región de Saltillo tienen una ocurrencia cíclica, a intervalos de cien años; caso concreto son las sequías detectadas en 1690, 1790, 1890 y 1990; sin dejar de señalar el hecho igualmente importante, de la frecuencia de sequías a mediados de cada siglo (es decir, 1660, 1750, 1850-1870 y 1950-1960), con una intensidad severa y otras de gran impacto social y económico como la reciente de mediados del siglo XX (1950-1965).

Con base en estos resultados y suponiendo que estas sequías pudieran tener una tendencia futura similar, se esperaría sequías severas en las décadas de 2050, 2060 y 2090. Esta posible tendencia, sin embargo, puede ser drásticamente modificada por las actividades humanas, que en las últimas décadas han provocado un calentamiento acelerado del planeta y por ende

influenciado patrones de circulación atmosférica global, tal como El Niño-Oscilación del Sur, que ha tenido altas fluctuaciones con efectos devastadores en muchas regiones del planeta.

Las cronologías desarrolladas para Sierra de Arteaga, se encuentran ubicada en sitios de la Sierra Madre Oriental, cuya precipitación invierno-primavera no tiene un componente muy importante de la influencia de El Niño Oscilación del Sur (ENSO). Las correlaciones encontradas muestran que aunque la porción noreste del país, es menos afectada por el fenómeno del Niño y en específico la Sierra Madre Oriental, este fenómeno tiene cierta influencia en las condiciones de precipitación para esta región del país.

Al comparar la precipitación reconstruida para Saltillo, con la precipitación promedio nacional (All Mexico Rainfall Index), para un período común 1941-1998, se observó una correlación significativa, información relevante, que permite relacionar la precipitación de este lugar con información de producción de alimentos, producción forestal, producción pecuaria, etc. ocurrida en otras partes de México. La lluvia promedio a nivel nacional se encuentra sesgada por aquellas regiones más húmedas, lo cual indica, que la lluvia en esta región, aunque de menor volumen, de alguna manera está influenciada por patrones de circulación atmosférica que determinan la precipitación en otras áreas de México.

El impacto de esta reconstrucción tiene especial significancia en la planeación del uso y manejo del agua en la región tan limitada en este recurso como es Saltillo, que en la actualidad cuenta con una población total de 578,046 habitantes. El problema del agua se ha agravado en los últimos treinta años, debido al crecimiento poblacional tan acelerado; así, entre 1970-1980 y 1980-1990, este municipio tuvo la mayor tasa de crecimiento poblacional en el estado de Coahuila, con un 5.2 y 3.3%, respectivamente. La principal actividad económica en la actualidad es la industria, la cual comprende el 44.70% y continua en expansión, contando a la fecha con ocho parques industriales y veinte empresas. Al considerar el crecimiento industrial y poblacional acelerado de esta región del país, la cantidad de agua requerida es cada día mayor, sin embargo, la disposición de este recurso no es suficiente para satisfacer la demanda; lo anterior, ha provocado una sobreexplotación de los mantos acuíferos y utilización de fuentes transitorias o permanentes de agua, con un impacto y a veces desaparición de ecosistemas que depende de este recurso. Así mismo, se ha provocado conflictos sociales debido a los intereses de diferentes usuarios sobre las fuentes de abastecimiento del importante recurso agua.

El norte de México cuenta con un reducido número de estudios dendroconológicos, es necesario e importante realizar trabajo adicional para complementar y aprovechar el potencial de *Pseudotsuga menziesii*, especie distribuida en el noreste de México, en bosques de alta elevación, especie excepcionalmente valiosa para emplearla en la generación de cronologías por su potencial para captar la señal climática. Sin embargo, esta especie, no puede por

si sola, captar o explicar toda la variabilidad climática en una región hidroclimáticamente tan diversa como es el noreste de México. Por lo que es imperante, la generación de una red completa de cronologías de anillos de árboles en la región, que incluya otras especies climáticamente sensibles, de tal manera de contar con “proxys” climáticos para estudiar históricamente la precipitación de verano (más importante en esta región del país) y la influencia de ciclones y de otros patrones de circulación atmosférica que influyen el clima de esta región, económicamente de gran importancia nacional.

RECOMENDACIONES

Aunque esta reconstrucción estacional de lluvia, da una idea de la variabilidad histórica climática en la región de Saltillo, es importante indicar, que esta reconstrucción tiene la limitante de que sólo reconstruye aproximadamente el 35% de la precipitación total anual, mientras que la precipitación que se origina en el período cálido del año (verano) y que representa la fuente de agua más importante para la región en términos socioeconómicos, queda un tanto desconocida. Esto implica la necesidad de ampliar la red de cronologías en la región, no sólo de especies que respondan a la precipitación invierno-primavera, sino también de aquellas que tengan influencia significativa en su crecimiento, debido a la precipitación de verano.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, R. R. 1998. Estudio Sinecológico del Bosque de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *oaxacana* Debreczy & Rácz, en la zona de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, México. Tesis Profesional. Departamento de Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx. 105 p
- Andrews, T.G. 1996. Coral Paleoclimatology Natural recorders of interannual climatic variability in the tropical oceans and seas. World Data Center-A for Paleoclimatology Educational Slide Project. 15 pp.
- Bernal, S.S. y T. Terrazas, S. 2000. Influencia climática sobre la variación radial de caracteres anatómicos de madera en *Abies religiosa*. *Maderas y Bosques* 6(1): 73-86.
- Biondi, F. 2001. A 400-year tree-ring chronology from the tropical treeline of North America. *Royal Swedish Academy of Sciences* 30: 162 - 166.
- Boninsegna, J.A. y R.L. Holmes. 1985. *Fitzroya cupressoides* yields 1534-year long south American chronology. *Tree-ring bulletin*. Vol. 45: 37-42.
- Bradley, R.S. 1999. Paleoclimatology. Reconstructin climates of the Quaternary. Second Edition. Academic Press. USA. 613.
- Castañeda, B.R. y G.M.S. Lozano. 1998. Palynological análisis refer to finding of *Mammuthus columbi* in the upper Lerma basin, México. American Quaternary Association Program and Abstracts of the 15th Biennial Meeting. Puerto Vallarta Mexico. 95.
- Cleaveland, M.K., D.W. Stahle, M.D. Therrell, J. Villanueva-Díaz, y B.T. Burns. 2003. Tree-ring reconstructed winter precipitation in Durango, Mexico. *Climatic Change* 59: 369-388.
- Cook, E.R. y R.H. Holmes. 1984. Program ARSTAN and users manual. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona. Tucson, AZ. 15 pp.
- Cook, E.R. y L.A. Kairiustkistis. 1990. *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 394 pp.
- Debreczy, Z. y I. Rácz. 1994. Chinese expedition 1994-1995; Dendrological Atlas Team. Expedition in Mexico. IDRI. Sep. No. 6 pp. 6-7.
- Delgado, S.C. 2000. Aplicaciones estadísticas en estudios dendrocronológicos. EDIUNC, Mendoza, Argentina. 79-102.

- Díaz, S.C., R. Touchan y T.W. Swetnam. 2001. A tree-ring reconstruction of past precipitation for Baja California Sur, Mexico. *International Journal of Climatology*. 21: 1007-1019.
- Díaz, S.C., M.T. Therrell, D.W. Stahle y M.K. Cleaveland. 2002. Chihuahua winter-spring precipitation reconstructed from tree-rings, 1647-1992. *Climate Research* 22:237-244.
- Díaz, S.C. 2002. *Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales (Orientación Ecología)*. Tesis Doctoral. Paleoclimatología del Norte Mexicano. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La paz, B.C.S., México. 71 p.
- Domínguez, A. F. A. 1983. Una nueva localidad para *Pseudotsuga macrolepis* Flous. *Revista Ciencia Forestal en México*. SARH. INIF. 8 (45): 3-6.
- Dumbar, R.B. 1998. Coral records of ENSO and decadal ENSO-linked climate variability from the eastern Pacific: a multi-site synthesis from Galápagos to Baja California. *American Quaternary Association Program and Abstracts of the 15th Biennial Meeting*. Puerto Vallarta Mexico: 18-20.
- Esau, K. 1965. *Anatomía Vegetal*, Barcelona, Ediciones Omega, S. A.
- Ferguson, C. W. 1968. *Science*, 159, 839-46.
- Finley, R.B. 1990. Woodrat Ecology and behaviour and the interpretation of paleomiddens. In: Betancourt, J. L., T.R. VanDevender, and P.S. Martin (eds). *Packrat Middens The last 40,000 years of biotic Change*. The University of Arizona Press. Tucson. 28-42.
- Florescano, E.M. 1980. *Análisis histórico de las sequías en México*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México.
- Florescano, E. y S. Swan. 1995. *Breve historia de la sequía en México*. Universidad Veracruzana. México. 246 pp.
- Fritts, H.C. 1976. *Tree-rings and Climate*. Academic Press, London - New York - San Francisco.
- Fritts, H.C. 1999. *An Empirical Model of the Tree-Ring Response to Monthly variations in climate*. Laboratory of Tree-Ring Research University of Arizona, Tucson, Arizona, U.S.A.
- Fritts, H.C. 2001. *Tree Rings and Climate*, Blackburn Press, Caldwell, New Jersey.

- Fulé, P.Z. y W.W. Covington. 1996. Changing fire regimes in Mexican pine forests: ecological and management implications. *Journal of Forestry* 94: 33 – 38.
- Fulé, P.Z. y W.W. Covington. 1998. Spatial patterns of Mexican pine-oak forests under different recent fire regimes. *Plant Ecology* 134: 197 – 209.
- Fulé, P.Z. y W.W. Covington. 1999. Fire regime changes in La Michililla Biosphere Reserve, Durango, Mexico. *Conservation Biology* 13: 640 – 652.
- García, A.V. 1997. Alternativas ante las sequías de 1789-1810 en la Villa de Saltillo, Coahuila, México, CIESAS, México. 22 pp.
- García, A.V. 1997. Las “sequías” y sus impactos en las sociedades del México decimonónico, 1856-1900. CIESAS, México. 32 pp.
- García, A.V., y A.O. Escobar. 2000. Introducción. En: García AV (coord.). Estudios históricos sobre desastres naturales en México. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. México. 9-17.
- García, E. 1978. Apuntes de Climatología. UNAM. México. 153
- Gates, D.M. 1993. *Climate Change and its biological consequences*. Sinauer Associates Inc. USA. 280.
- Gemmell, A.R. 1969. *Developmental Plant Anatomy*. London, Edward Arnold.
- Greene, K. 1995. *Archaeology: an introduction*. University of Pennsylvania Press. 208 pp.
- Grissino-Mayer, H. 1993. An update list of species used in tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin*. 53: 17-43.
- Grissino-Mayer, H.. 1995. Tree-ring reconstruction of climate and fire history at El Malpais National Monument, New Mexico. Ph.D. dissertation, The University of Arizona, Tucson. 407 pp.
- Grissino-Mayer, H. 2003. A manual and tutorial for the proper use of an increment borer. *Tree-Ring Research* 59(2). 63-79.
- Gordon, J.C. y Larzon, P. R. 1968. *Pl. Physiol.*, Lancaster, 43, 1617-24.
- González, E.M. 2003. Indicadores de cambio climático en algunas especies de pináceas de la Sierra Madre Occidental, México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N.L. 193 p.

- Holmes, R.L. 1983. Computer-assited quality control in tree-ring dating and mesurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69-78.
- Holmes, R.L., R.K. Adams y H.C. Fritts. 1986. Quality control of crossdating and measuring: A user's manual for program COFECHA. In: *Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin*. Arizona, University of Arizona.
- Huante, P., E. Rincón, y T.W. Swetnam. 1991. Dendrochronology of *Abies religiosa* in Michoacan, Mexico. *Tree-Ring Bulletin* 51: 15 – 27.
- INEGI. 1983. Síntesis geográfica de Coahuila. México. D. F. 165 Pp.
- INEGI. 1992. Carta de uso actual del suelo, G14C35. San Antonio de las Alazanas. Esc. 1:50,000. México.
- Israde-Alcántara, I., M.S. Lozano-García, R. Vázquez-Durán, y V.H. Garduño-Monroy. 1998. Paleoenvironments and lake level records of lake Cuitzeo since the last 35,000 yr BP. *American Quaternary Association Program and Abstracts of the 15th Biennial Meeting*. Puerto Vallarta Mexico. 117.
- Jozsa, L. 1988. Increment core sampling techniques for high quality cores. Wood Science Department, Forintek Canada Corp. Special Publication No. SP-30.
- Kaib, M. 1998. Fire history in canyon pine-oak forests and the intervening desert grasslands of the southwest borderlands. M.Sc. Thesis. University of Arizona. Tucson. 85 pp.
- Lara, A. y R. Villalba. 1993. A 3,620-year temperature reconstruction from *Fitzroya cupressoides* tree rings in southern South America. *Science* 260: 1104-1106.
- Lara, A., R. Villalba, J.C. Aravena, A. Wolodarsky, y E. Neira. 2000. Desarrollo de una red de cronologías de *Fitzroya cupressoides* (Alerce) para Chile y Argentina. EDIUNC, Mendoza, Argentina. 217-270.
- Larson, P.R. 1962. Auxin gradients and the regulation of cambial activity. In: *Tree Growth*. Edited by T. T. Kozlowski. New York, Ronald Press.
- Magaña, V., J.L. Prez, J.L. Vazquez, E. Carrizosa, y J. Prez. 1999. Los impactos del niño en México. Editado por V. Magaña, pp. 229. Secretaria de Educación Publica, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México.
- Martínez, M. 1963. *Las Pinaceas Mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México 20, D.F. 361 pp.

- Michaelsen, J. 1989. Long period fluctuations in El Niño amplitude and frequency reconstructed from tree rings. In: Peterson, D. H. (ed.). 1989. Aspects of Climate Variability in the Pacific and the Western Americas. AGU, Washington, D.C. Geophysical Monograph 55, pp. 69-74.
- Naylor, T.H. 1971. Dendrochronology in Oaxaca, Mexico: A preliminary study. *Tree-Ring Bulletin* 31: 25 – 29
- Neira, E.P. 1995. Desarrollo de cronologías para alerce (*Fitzroya cupressoides*) en las Cordilleras de la Costa y de los Andes. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Philip, R.M. 1977. Como crecen los árboles. Ediciones OMEGA, S.A., Barcelona España. 61 pp.
- Pohl, K., M.D. Therrell, J.S. Blay, N. Ayotte, J.J. Cabrera, S.C. Díaz, E.O. Cornejo, J.A. Elvir, M.E. Gonzalez, D. Opland, J. Park, G. Pederson, S.S. Bernal, L.S. Vazquez, J. Villanueva-Díaz, y D.W. Stahle. 2003. A cool season precipitation reconstruction for Saltillo, Mexico. *Tree-ring research*, Vol. 59(1), 2003, pp. 11 – 19.
- Robinson, W. J. y R. Evans. 1980. A microcomputer-based tree-ring measuring system. *Tree-ring bulletin*. 40: 59 – 64.
- Roig, F.A. 1996. Dendroclimatologische untersuchungen an *Fitzroya cupressoides* im gebiet der Kustenkordillere und der Sudlichen Andes. Ph.D. thesis, Basel University, Switzerland.
- Roig, F.A. 2000. Dendrocronologia en América Latina. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Republica Argentina.
- Rzedowski, T., 1983. Vegetación de México. Editorial LIMUSA, México, D.F. 432 pp.
- Schulman, E. 1944. Dendrochronology in México. *Tree-Ring Bulletin* 10: 18 – 24.
- Schulman, E. 1956. Dendroclimatic Changes in Semiarid America. University of Arizona Press, Tucson. 142 pp.
- Schweingruber, F.H. 1987. *Tree Rings*. Kluwer Academic Publishers. 276.
- Scott, S.D. 1966. Dendrochronology in México. Papers of the Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona Press, Tucson. 80 pp.

- Serrano, J., L. Rodríguez y Y. Vargas. 1990. Análisis estadístico de datos dendrocronológicos para el Desierto de los Leones, México, D.F. En: XI Congreso de Botánica: Programas y Resúmenes. Oaxtepec, Morelos. 30 de Septiembre al 5 de Octubre. P. 184.
- Stahle, D.W. y M.K. Cleaveland. 1988. Texas drought history reconstructed and analyzed from 1698 to 1980. *Journal of Climate* 1: 59-74.
- Stahle, D.W. y M.K. Cleaveland. 1992. Reconstruction and analysis of spring rainfall over the southeastern United States for the past 1000 years. *Bulletin of the American Meteorological Society* 73: 1947 - 1961.
- Stahle, D.W. y M.K. Cleaveland. 1993. Southern Oscillation extremes reconstructed from tree-rings of the Sierra Madre Occidental and Southern Great Plains. *Journal of Climate* 6: 129-140.
- Stahle, D.W., D'Arrigo, P.J. Krusic, M.K. Cleaveland, E.R. Cook, R.J. Allan, J.E. Cole, R.B. Dunbar, M.D. Therrell, D.A. Gay, M.D. Moore, M.A. Stokes, B.T. Burns, J. Villanueva-Díaz, y L.G. Thompson. 1998. Experimental dendroclimatic reconstruction of the Southern Oscillation. *Bulletin of the American Meteorological Society* 79(10): 2137 – 2152.
- Stahle, D.W., M.K. Cleaveland, M.D. Therrell, y J. Villanueva-Díaz. 1999. Tree-ring reconstruction of winter and summer precipitation in Durango, Mexico, for the past 600 years. 10th Conference of Global Change Studies. Preprint volume, American Meteorological Society, 79th Annual Meeting. January 10 – 15. Dallas, Texas.
- Stahle, D.W., J. Villanueva-Díaz, M.K. Cleaveland, M.D. Therrell, G.J. Paull, T. Burns, W. Salinas, H. Suzan, y P. Fulé. 2000. Recent tree-ring research in Mexico. In: F.A. Roig (compiler). *Dendrochronology in Latin America*. Editorial de la Universidad del Cuyo (EDIUNC). Mendoza, Argentina. Pp. 285 – 306.
- Stokes, M.A. y T.L. Smiley. 1968. *An Introduction to Tree-Ring Dating*. University of Chicago Press, Chicago.
- Stokes, M.A. y T.L. Smiley. 1996. *An introduction to the Tree-Ring Dating*. The University of Arizona Press. 73.
- Suzan, H. y M. Franco. 1981. Estudios dendrocronológicos en México en poblaciones de *Pinus hartwegii*. En: *Memorias del VII Congreso Mexicano de Botánica*. Pp. 277 – 278.
- Suzan, H. y F. Gonzáles. 1984. Estudios autoecológicos-dendrocronológicos de *Pinus nelsonii*. En S. Lavin (ed.) *Informe 1984, Desarrollo Tecnológico y Científico*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Pp. 127 – 140

- Suzan, H. 1985. Estudios autoecológico-dendrocronológicos en *Pinus nelsonii*. En: J. Flores (ed.) Memorias del primer simposium nacional de pinos piñoneros. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Pp. 137 – 149.
- Swetnam, T.W., M.A. Thomson, y E.K. Sutherland. 1985. Using dendrochronology to measure radial growth of defoliate trees. USDA-Forestry Service. Agriculture Handbook No. 639.
- Therrell, M.D., D.W. Stahle, M.K. Cleaveland, y J. Villanueva-Díaz. 2002. Warm season tree growth and precipitation over Mexico. *Journal of Geophysical Research* 107 (D14): ACL 6-1 –ACL 6-8.
- Torelli, N., K. Bufar, y D. Rovié. 1986. Some wood anatomical, physiological and silvicultural aspects of silver fir dieback in Slovenia (NW Yugoslavia). *IAWA Bulletin new series* 7(4): 343-351.
- Valiente-Banuet, L. y E. Escurra. 1990. Patrones de precipitación y reconstrucción climática en El Valle de Tehuacán, México. En: XI Congreso de Botánica: Programas y Resúmenes. Oaxtepec, Morelos. 30 de Septiembre al 5 de Octubre. P. 180.
- Van Devender, T.R. 1990. Late Quaternary vegetation and climate of the Sonoran Desert, United States and Mexico. In: Betancourt JL, TR Van Devender and PS Martín. *Packrat Middens. The last 40,000 years of biotic change*. The University of Arizona Press. Tucson 134-165.
- Venogupal, N. y K.V. Krishnamurthy. 1987. Seasonal production of secondary xylem in the twig of certain tropical trees. *IAWA Bulletin new series* 8(1): 31-40.
- Villalba, R., J.A. Boninsegna, y R.L. Holmes. 1985. *Cedrela angustifolia* and *Juglans australis*: two new tropical species useful in dendrochronology. *Tree-ring bulletin*. Vol. 45: 25-35.
- Villalba, R. 1990. Climatic fluctuations in northern Patagonia during the last 1,000 years as inferred from tree-ring records. *Quaternary Research* 34: 346-360.
- Villanueva-Díaz, J. y G.R. McPherson. 1995. Forest stand structure in mountains of Sonora, México and New México, USA. In : DeBano, L.F., P.E. Ffolliott, A. Ortega-Rubio, G.J. Gottfried, R.H. Hamre, and C.E. Edminster (tech. Coord.). *Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago: The Sky Islands of the Southwestern United States and Northern Mexico*. USDA-Forest Service, General Technical Report RM-GTR-264. Pp. 416-423.
- Villanueva-Díaz, J. 1996. Influence of Land-use and Climate on Soils and Forest Structure in Mountains of the Southwestern United States and Northern Mexico. Ph. D. Dissertation. University of Arizona, Tucson. 203 p.

Villanueva-Díaz, J. y G.R. McPherson. 1996. Reconstruction of precipitation and PDSI from tree-ring chronologies developed in mountains of New Mexico, USA and Sonora, Mexico. Hydrology and Water Resources in Arizona and the Southwest. Hydrology Section, Arizona-Nevada Academy of Science 26: 45 – 54.

Villanueva-Díaz, J. y G.R. McPherson. 1999. Estudios dendroclimáticos en montañas del suroeste de los Estados Unidos de America y del Norte de México. Ciencia Forestal en México 24(86): 37-61.

Villanueva, D.J., P.J. Cerano, D.W. Stahle, M.D. Therrell, y M.K. Cleaveland. 2003. Cronologías de anillos de árboles del norte de México y su potencial hidroclimático. XII Congreso Nacional de Irrigación (ANEI). Zacatecas, Zac. Mex. 13 al 15 de Agosto.

Agrobyte. (2002). Manual de Selvicultura del Pino de Oregón.
<http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/oregon/capl.html>

Dendrocronología. (2002). El árbol como indicador de cambios ambientales.
<http://usuarios.lycos.es/picadura/dendrocronologia.htm>

Herrera J. (2002). La dendrocronología un medio básico para conocer la historia de nuestros bosques.
<http://suse00.su.ehu.es/euskonews/0050zbnk/gaia5001es.html>

La Trinchera. (2002). Técnicas de Datación.
<http://www.geocities.com/latrinchera2000/datacion/datacion.html>

Sheppard, P.R. (2002). Crossdating Tree Rings Using Skeleton Plotting.
<http://tree.ltrr.arizona.edu/skeletonplot/introcrossdate.htm>

Sheppard P. R. (2002). Ring–Growth Anomalies.
<http://tree.ltrr.arizona.edu/skeletonplot/ringanomalies.htm>

Sheppard P. R. (2002). Sensitive vs. Complacent Tree-Ring Growth.
<http://tree.ltrr.arizona.edu/skeletonplot/sensitivitycomplacency.htm>

Tagle L. (2002). Enlaces relacionados.
<http://members.tripod.cl/agakure/>

APENDICES

Cuadro 1. Resumen comparativo de los resultados de COFECHA para los datos de madera temprana de las series de crecimiento de *Pseudotsuga menziesii* generadas en Sierra de Arteaga, Saltillo, Coahuila.

<i>Cronologías Variables</i>	<i>La Viga</i>	<i>El Coahuilon</i>	<i>Los Pilares</i>	<i>El Morro</i>	<i>El Tarillal</i>
Series fechadas	68	74	39	31	33
Primer año	1659	1700	1775	1855	1872
Ultimo año	2001	2001	2000	2000	2000
Extensión (años)	343	302	226	146	129
anillos medidos (Total, Rw, Ew, y Lw)	6,952 (20,856)	12,267 (36,768)	5,826 (17,478)	3,214 (9,642)	2,551 (7,653)
Anillos perdidos	7	25	0	0	0
Segmentos (posibles errores)	(296)4	(501)0	(238)0	(138)0	(109)0
Intercorrelación	0.729	0.825	0.748	0.745	0.754
Sensibilidad media	0.364	0.350	0.372	0.271	0.561
Autocorrelación	0.683	0.777	0.701	0.814	0.391

RW = Anillo total, EW : Madera temprana, LW : Madera tardía.

Cuadro 2. Resumen comparativo de las estadísticas descriptivas del programa ARSTAN de las cinco cronologías de madera temprana de *Pseudotsuga menziesii* desarrolladas en la Sierra de Arteaga, Saltillo, Coahuila.

<i>Estadísticas</i>	<i>La Viga</i>	<i>El Coahuilon</i>	<i>Los Pilares</i>	<i>El Morro</i>	<i>El Tarillal</i>
Media	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Sensibilidad media	0.2840	0.2891	0.2770	0.1992	0.4744
Desviación estándar	0.3405	0.3194	0.2699	0.2483	0.4497
Autocorrelación de 1er orden	0.4592	0.3211	0.1863	0.4312	0.0616
Autocorrelación de 2do orden	0.0111	0.1720	-0.0155	0.2195	0.1020
Varianza debida a la autoregresión (%)	6.6	14.7	3.4	25.2	0.9
Error de la varianza	0.028040	0.010060	0.003595	0.005347	0.012530
Correlación entre muestras	0.498	0.613	0.486	0.483	0.605
Correlación entre árboles	0.494	0.610	0.479	0.479	0.599
Correlación dentro de los árboles	0.757	0.768	0.695	0.601	0.805
Correlación entre los radios con la media	0.709	0.785	0.705	0.703	0.785
Relación Señal-Ruido	34.191	51.676	11.931	14.733	23.877
Varianza en el primer eigenvector (%)	51.71	62.26	51.72	51.24	62.60
Media del intervalo común de la cronología	0.997	1.006	0.976	0.969	0.944
Desviación estándar del intervalo común	0.273	0.306	0.296	0.251	0.432
Período	1659-2001	1700-2001	1775-2000	1855-2000	1872-2000
Número de años /árboles /muestras	343/43/68	302/44/74	226/22/39	146/19/31	129/19/33
Período común	1940-2001	1880-1997	1861-2000	1910-1994	1940-1998
Numero de años /árboles /muestras	62/35/54	118/33/58	140/13/19	85/16/25	59/16/25

Cuadro 3. Índices de ancho de anillo para las cronologías Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de anillo total de *Pseudotsuga menziesii*, La Viga, Sierra de Arteaga Saltillo, Coahuila. VIGRW Clave del sitio, (VIG) Viga y (RW) anillo total.

VIGRW Std: ANILLO TOTAL											
VIGRWS16599990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0 434	1
VIGRWS1660 668	1 910	1 896	1 870	1 595	1 140	1 241	1 329	1 590	1 808	1 808	1
VIGRWS16701163	11662	21426	2 688	21019	21025	21367	21058	21007	21265	21265	2
VIGRWS16801722	21385	21587	21560	2 881	2 687	2 648	2 853	2 522	2 658	2 658	2
VIGRWS16901029	21246	2 636	3 723	3 899	31863	31784	31646	31726	31844	31844	3
VIGRWS17001351	31210	31027	31123	3 881	3 616	31541	31253	31251	3 957	3 957	3
VIGRWS1710 860	3 738	3 815	3 989	3 905	3 934	31217	3 819	3 344	3 441	3 441	3
VIGRWS1720 547	3 813	3 348	3 593	3 536	3 569	3 592	31049	31119	3 597	3 597	3
VIGRWS1730 768	3 919	31416	3 744	3 903	31116	3 749	3 686	3 432	3 535	3 535	3
VIGRWS1740 640	3 897	3 681	3 796	3 943	3 862	31420	3 849	31113	31248	31248	3
VIGRWS17501096	3 826	3 956	31770	31805	31978	31980	31076	3 856	3 566	3 566	3
VIGRWS1760 992	3 938	31085	31248	3 718	31368	3 829	31159	31303	31227	31227	3
VIGRWS1770 739	3 989	3 924	3 712	31101	31516	3 965	3 888	3 861	3 720	3 720	3
VIGRWS1780 720	3 633	31001	31088	31109	31202	31507	31110	3 942	3 756	3 756	3
VIGRWS1790 891	3 975	31628	31326	3 341	3 349	3 464	3 720	3 502	3 784	3 784	3
VIGRWS18001437	31640	31628	31685	31395	31453	3 704	3 904	31290	31363	31363	3
VIGRWS1810 829	3 842	31330	31170	3 276	31038	3 919	3 847	31155	31169	31169	3
VIGRWS1820 575	3 624	3 653	3 865	31012	31106	31316	31008	4 528	4 579	4 579	4
VIGRWS1830 568	4 801	41006	41450	41271	4 783	41230	41039	4 804	4 482	4 482	4
VIGRWS18401032	51240	5 998	51106	51095	71284	71193	81137	81320	81113	81113	8
VIGRWS18501301	81359	81269	81341	101010	11 898	11 895	11 729	11 934	11 946	11 946	11
VIGRWS18601007	111347	12 838	12 968	141089	13 988	131014	151114	15 571	151490	151490	16
VIGRWS1870 974	16 595	16 728	17 806	17 893	17 890	191061	191286	201070	21 855	21 855	21
VIGRWS1880 771	211377	211159	211083	221072	221182	211253	21 938	211145	221205	221205	23
VIGRWS1890 515	23 887	23 567	23 565	24 654	25 911	25 982	251261	26 924	26 906	26 906	26
VIGRWS1900 847	26 840	26 819	261101	27 860	271224	271092	29 914	30 887	30 619	30 619	30
VIGRWS19101079	301166	301577	311492	311671	32 858	32 510	32 473	34 799	35 939	35 939	35
VIGRWS1920 874	361104	37 714	371201	381285	381031	391652	431004	461016	47 476	47 476	49
VIGRWS19301356	491389	50 987	52 960	531302	531245	531315	531150	561207	571172	571172	57
VIGRWS19401070	571265	591075	591060	611314	61 950	611155	611198	62 968	621161	621161	62
VIGRWS1950 877	63 960	63 977	63 623	63 855	63 687	63 803	63 840	631157	631167	631167	63
VIGRWS1960 926	64 807	64 778	641042	651164	651100	651118	651046	651258	65 788	65 788	65
VIGRWS1970 669	65 543	65 873	65 965	65 390	65 513	65 982	651149	651213	651127	651127	65
VIGRWS1980 637	651187	65 846	65 977	65 922	651257	651078	651639	651138	65 613	65 613	65
VIGRWS19901313	65 871	651456	651184	651306	65 964	65 875	651610	65 584	63 784	63 784	63
VIGRWS2000 797	621178	629990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
VIGRWR16619990	01102	1 962	1 928	1 665	1 338	1 665	1 735	1 949	11043	11043	1
VIGRWR16701281	11897	11070	1 446	21080	21087	21346	2 968	2 935	21261	21261	2
VIGRWR16801611	21076	21281	21358	2 477	2 690	2 795	21056	2 607	2 898	2 898	2
VIGRWR16901250	21284	2 903	2 927	31060	31643	31368	3 888	31087	31436	31436	3
VIGRWR1700 944	3 999	3 910	31103	3 895	3 550	31654	31026	31021	3 811	3 811	3
VIGRWR1710 869	3 842	3 933	3 980	3 913	3 975	31309	3 783	3 304	3 745	3 745	3
VIGRWR1720 804	31098	3 414	3 901	3 731	3 771	3 819	31216	31121	3 543	3 543	3
VIGRWR17301021	31080	31406	3 597	3 982	31181	3 771	3 822	3 604	3 832	3 832	3
VIGRWR1740 903	31104	3 881	3 967	31061	3 928	31494	3 881	31122	31217	31217	3
VIGRWR1750 941	3 790	3 976	31775	31361	31544	31571	3 583	3 802	3 657	3 657	3
VIGRWR17601141	3 957	31152	31221	3 647	31473	3 644	31238	31257	31107	31107	3
VIGRWR1770 583	31080	3 947	3 826	31314	31428	3 657	3 915	3 927	3 687	3 687	3
VIGRWR1780 921	3 807	31211	31117	3 970	31237	31420	3 861	3 772	3 772	3 772	3
VIGRWR1790 901	31027	31773	31161	3 122	3 646	3 809	31111	3 695	3 921	3 921	3
VIGRWR18001559	31457	31312	31362	31287	31167	3 496	3 985	31314	31233	31233	3
VIGRWR1810 644	3 846	31418	31030	3 161	31362	3 946	3 826	31219	31109	31109	3
VIGRWR1820 409	3 885	3 865	31052	31011	31170	31278	3 793	3 526	3 716	3 716	4
VIGRWR1830 804	4 945	41243	41462	41163	4 583	41215	4 996	4 826	4 563	4 563	4
VIGRWR18401150	41275	4 839	5 932	5 810	51280	51005	71071	71292	81010	81010	8
VIGRWR18501200	81250	81183	81089	8 729	9 791	11 915	11 757	111066	111011	111011	11

VIGRWR18601052	111364	11 702	10 948	121152	11 976	13 962	131073	14 531	151521	15
VIGRWR1870 901	15 562	16 816	16 854	16 983	17 977	171119	191278	191031	19 776	21
VIGRWR1880 765	211433	211100	21 998	211027	221132	211194	21 847	211118	211158	21
VIGRWR1890 450	23 992	23 694	23 734	23 836	231086	251075	251271	25 863	26 890	26
VIGRWR1900 882	26 904	26 897	261203	26 884	271248	271079	27 869	28 893	30 658	30
VIGRWR19101193	301214	301509	301308	301472	31 647	32 456	32 600	321010	341065	34
VIGRWR1920 927	351122	36 700	371234	371275	37 909	371530	38 793	40 869	44 445	46
VIGRWR19301456	481374	48 843	50 879	511284	521149	531207	531020	531112	561074	57
VIGRWR1940 990	571211	57 997	59 978	591276	61 867	611120	611153	61 888	611119	62
VIGRWR1950 823	62 979	631020	63 645	63 957	63 789	63 914	63 964	631239	631157	63
VIGRWR1960 870	63 807	64 838	641115	641184	651050	651066	65 998	651232	65 735	65
VIGRWR1970 701	65 668	651039	651064	65 428	65 697	651191	651215	651197	651061	65
VIGRWR1980 591	651286	65 849	65 984	65 944	651265	651018	651579	65 968	65 482	65
VIGRWR19901393	65 842	651444	651086	651183	65 862	65 829	651652	65 441	63 816	63
VIGRWR2000 896	621255	629990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
VIGRWA16599990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0 668	1
VIGRWA1660 910	11051	1 962	1 926	1 648	1 268	1 497	1 567	1 818	1 964	1
VIGRWA16701255	11938	11265	1 593	21036	21050	21359	21038	2 980	21261	2
VIGRWA16801656	21221	21390	21452	2 599	2 666	2 692	2 966	2 568	2 817	2
VIGRWA16901172	21295	2 974	2 954	31049	31646	31488	31044	31146	31467	3
VIGRWA17001043	31056	3 925	31095	3 904	3 543	31562	31078	31095	3 836	3
VIGRWA1710 850	3 798	3 881	3 937	3 889	3 949	31289	3 829	3 304	3 602	3
VIGRWA1720 659	3 995	3 377	3 789	3 627	3 682	3 722	31133	31116	3 578	3
VIGRWA1730 958	31028	31407	3 673	3 967	31140	3 793	3 800	3 547	3 729	3
VIGRWA1740 806	31040	3 867	3 948	31037	3 929	31485	3 960	31167	31242	3
VIGRWA17501002	3 816	3 944	31746	31488	31711	31750	3 792	3 844	3 607	3
VIGRWA17601054	3 925	31144	31239	3 705	31445	3 692	31231	31265	31179	3
VIGRWA1770 643	31035	3 916	3 815	31272	31457	3 767	3 922	3 888	3 659	3
VIGRWA1780 848	3 744	31149	31117	31006	31251	31466	3 971	3 817	3 736	3
VIGRWA1790 835	3 969	31750	31292	3 254	3 544	3 649	31000	3 658	3 860	3
VIGRWA18001497	31531	31459	31501	31425	31296	3 594	3 944	31261	31273	3
VIGRWA1810 720	3 825	31357	31075	3 213	31229	3 903	3 833	31179	31123	3
VIGRWA1820 450	3 800	3 771	3 989	3 984	31167	31306	3 865	3 535	3 618	4
VIGRWA1830 687	4 848	41183	41479	41268	4 682	41187	4 995	4 845	4 535	4
VIGRWA18401050	41235	4 886	5 936	5 787	51235	51024	71100	71312	81077	8
VIGRWA18501247	81302	81263	81168	8 787	9 771	11 851	11 706	11 997	11 979	11
VIGRWA18601048	111371	11 773	10 947	121119	11 992	13 973	131068	14 540	151447	15
VIGRWA1870 932	15 598	16 737	16 764	16 913	17 936	171099	191289	191093	19 823	21
VIGRWA1880 743	211368	211138	211061	211052	221148	211226	21 903	211125	211170	21
VIGRWA1890 494	23 920	23 625	23 659	23 735	231002	251047	251279	25 918	26 905	26
VIGRWA1900 857	26 869	26 859	261164	26 898	271247	271112	27 915	28 890	30 629	30
VIGRWA19101115	301195	301556	301428	301607	31 801	32 485	32 487	32 864	34 986	34
VIGRWA1920 910	351104	36 709	371193	371278	37 980	371556	38 890	40 908	44 417	46
VIGRWA19301342	481373	48 946	50 909	511262	521186	531268	531088	531156	561112	57
VIGRWA19401027	571227	571041	591010	591282	61 918	611135	611169	61 932	611125	62
VIGRWA1950 838	62 963	63 996	63 640	63 892	63 731	63 854	63 909	631207	631185	63
VIGRWA1960 925	63 813	64 796	641058	641173	651087	651100	651026	651247	65 782	65
VIGRWA1970 688	65 589	65 933	651009	65 423	65 595	651058	651182	651236	651123	65
VIGRWA1980 637	651235	65 852	65 982	65 926	651250	651054	651615	651083	65 563	65
VIGRWA19901324	65 853	651452	651151	651258	65 924	65 843	651616	65 535	63 798	63
VIGRWA2000 811	621199	629990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0

Cuadro 4. Índices de ancho de anillo para las cronologías Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de madera temprana de *Pseudotsuga menziesii*, La Viga, Sierra de Arteaga Saltillo, Coahuila. VIGEW Clave del sitio, (VIG) Viga y (EW) madera temprana.

VIGEW Std: MADERA TEMPRANA											
VIGEWS16599990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0 451	1
VIGEWS1660 608	1 934	1 898	1 919	1 647	1 141	1 188	1 327	1 557	1 722	1 722	1
VIGEWS16701216	11731	21463	2 652	2 874	21080	21370	21161	21040	21134	21134	2
VIGEWS16801711	21444	21548	21567	2 925	2 699	2 623	2 892	2 542	2 592	2 592	2
VIGEWS16901012	21246	2 625	3 760	3 849	31969	31769	31615	31789	31869	31869	3
VIGEWS17001392	31251	31028	3 990	3 806	3 610	31492	31352	31286	3 878	3 878	3
VIGEWS1710 879	3 748	3 818	3 983	3 798	3 958	31255	3 824	3 300	3 413	3 413	3
VIGEWS1720 536	3 892	3 238	3 547	3 414	3 570	3 589	31063	31227	3 662	3 662	3
VIGEWS1730 837	3 973	31451	3 754	31014	31141	3 788	3 721	3 351	3 495	3 495	3
VIGEWS1740 608	3 947	3 679	3 830	3 989	3 812	31152	3 845	31110	31224	31224	3
VIGEWS17501079	3 839	3 883	31812	31767	31910	31926	3 985	3 775	3 565	3 565	3
VIGEWS1760 932	3 897	31096	31302	3 712	31443	3 912	31201	31415	31311	31311	3
VIGEWS1770 649	3 941	3 925	3 737	31105	31607	3 955	3 936	3 905	3 674	3 674	3
VIGEWS1780 700	3 639	3 981	31048	31095	31260	31437	31236	3 954	3 610	3 610	3
VIGEWS1790 857	3 614	31679	31319	3 361	3 360	3 487	3 775	3 457	3 800	3 800	3
VIGEWS18001595	31684	31708	31602	31549	31391	3 723	3 948	31158	31337	31337	3
VIGEWS1810 795	3 840	31361	31145	3 218	31071	3 917	3 863	31269	31216	31216	3
VIGEWS1820 615	3 563	3 639	3 954	31124	31201	31403	31025	4 532	4 649	4 649	4
VIGEWS1830 580	4 720	41030	41481	41339	4 630	41266	4 934	4 854	4 466	4 466	4
VIGEWS1840 946	51274	51045	51121	51119	71281	71250	81140	81351	81125	81125	8
VIGEWS18501316	81422	81250	81384	101013	11 885	11 865	11 719	11 985	11 923	11 923	11
VIGEWS1860 938	111323	12 764	121023	141129	131015	13 996	151099	15 551	151562	151562	16
VIGEWS1870 970	16 620	16 777	17 794	17 850	17 845	191060	191245	201070	21 843	21 843	21
VIGEWS1880 753	211332	211105	211069	221067	221181	211297	21 927	211106	221207	221207	23
VIGEWS1890 514	23 910	23 582	23 551	24 667	25 913	25 942	251314	26 930	26 895	26 895	26
VIGEWS1900 829	26 809	26 801	261105	27 881	271245	271068	29 913	30 852	30 602	30 602	30
VIGEWS19101076	301112	301556	311543	311779	32 833	32 490	32 456	34 806	35 920	35 920	35
VIGEWS1920 855	361107	37 660	371178	381238	381011	391707	43 980	46 988	47 465	47 465	49
VIGEWS19301419	491436	50 960	52 951	531333	531268	531338	531139	561226	571153	571153	57
VIGEWS19401061	571302	591075	591067	611316	61 928	611181	611230	62 943	621167	621167	62
VIGEWS1950 842	63 967	63 986	63 589	63 840	63 677	63 793	63 865	631169	631176	631176	63
VIGEWS1960 910	64 783	64 767	641039	651154	651128	651125	651035	651308	65 741	65 741	65
VIGEWS1970 640	65 550	65 866	65 969	65 358	65 490	65 997	651139	651235	651134	651134	65
VIGEWS1980 586	651216	65 815	65 957	65 922	651271	651081	651687	651134	65 600	65 600	65
VIGEWS19901374	65 888	651481	651159	651321	65 946	65 883	651696	65 545	63 784	63 784	63
VIGEWS2000 798	621138	629990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
VIGEWR16619990	01139	1 955	1 971	1 693	1 300	1 578	1 729	1 897	1 956	1 956	1
VIGEWR16701366	11951	11076	1 403	2 918	21198	21353	21100	2 932	21113	21113	2
VIGEWR16801662	21173	21229	21416	2 521	2 667	2 744	21090	2 601	2 802	2 802	2
VIGEWR16901241	21308	2 902	2 966	3 990	31768	31340	3 847	31053	31431	31431	3
VIGEWR1700 948	31020	3 893	3 977	3 815	3 535	31591	31166	31003	3 782	3 782	3
VIGEWR1710 929	3 854	3 952	31007	3 906	3 966	31340	3 783	3 302	3 717	3 717	3
VIGEWR1720 765	31119	3 389	3 875	3 662	3 756	3 802	31213	31224	3 560	3 560	3
VIGEWR1730 989	31091	31493	3 599	31056	31214	3 748	3 816	3 499	3 816	3 816	3
VIGEWR1740 889	31165	3 871	3 990	31086	3 870	31285	3 893	31182	31231	31231	3
VIGEWR1750 971	3 793	3 921	31899	31412	31562	31457	3 417	3 780	3 691	3 691	3
VIGEWR17601087	3 938	31169	31275	3 625	31534	3 681	31287	31360	31125	31125	3
VIGEWR1770 530	31078	3 962	3 841	31151	31468	3 665	3 928	3 945	3 665	3 665	3
VIGEWR1780 890	3 808	31173	31135	3 992	31340	31459	31040	3 823	3 621	3 621	3
VIGEWR1790 882	3 744	31853	31059	3 120	3 607	3 802	31155	3 647	31057	31057	3
VIGEWR18001719	31450	31387	31265	31389	31260	3 392	31003	31214	31255	31255	3
VIGEWR1810 634	3 830	31474	31000	3 88	31322	3 961	3 787	31330	31109	31109	3
VIGEWR1820 376	3 891	3 815	31132	31099	31265	31329	3 823	3 573	4 795	4 795	4
VIGEWR1830 832	4 836	41286	41524	41322	4 461	41300	4 955	4 874	4 518	4 518	4
VIGEWR18401096	41335	4 809	5 914	5 742	51296	61069	71066	71302	81070	81070	8
VIGEWR18501248	81318	81195	81159	8 781	9 817	11 861	11 726	111089	11 974	11 974	11

VIGEW18601022	111375	11 632	101024	121149	12 979	13 921	131034	15 521	151569	15
VIGEW1870 886	15 552	16 804	16 779	16 916	17 924	171138	171275	181066	19 759	21
VIGEW1880 744	211390	211070	211009	211044	221119	211231	21 842	211097	211164	21
VIGEW1890 457	23 999	23 691	23 695	23 836	231064	251024	251332	25 869	26 872	26
VIGEW1900 860	26 878	26 878	261200	26 888	271266	271060	27 883	28 858	30 654	30
VIGEW19101193	301165	301499	301379	301575	31 608	32 455	32 583	321012	331038	34
VIGEW1920 907	351124	36 650	371225	371270	37 924	371588	38 780	39 838	44 431	46
VIGEW19301519	481402	48 809	50 874	511310	521169	531224	531011	531133	551058	57
VIGEW1940 990	571257	57 995	59 973	591276	61 852	611150	611184	61 851	611112	62
VIGEW1950 794	62 981	631026	63 611	63 943	63 788	63 903	63 970	631248	631164	63
VIGEW1960 851	63 782	64 830	641108	641178	651084	651074	65 982	651290	65 685	65
VIGEW1970 672	65 679	651018	651064	65 398	65 663	651202	651210	651228	651075	65
VIGEW1980 541	651319	65 829	65 955	65 949	651278	651038	651628	65 969	65 472	65
VIGEW19901440	65 856	651452	651069	651197	65 837	65 834	651718	65 413	63 805	63
VIGEW2000 890	621212	629990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
VIGEW16599990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0 608	1
VIGEW1660 934	11090	1 963	1 974	1 685	1 247	1 427	1 563	1 771	1 876	1
VIGEW16701324	11990	11265	1 543	2 871	21132	21361	21170	2 994	21129	2
VIGEW16801682	21294	21343	21500	2 634	2 658	2 653	21001	2 567	2 734	2
VIGEW16901156	21307	2 966	2 991	3 985	31764	31460	3 996	31098	31446	3
VIGEW17001029	31069	3 906	3 969	3 801	3 500	31492	31195	31083	3 814	3
VIGEW1710 908	3 821	3 914	3 976	3 894	3 947	31321	3 829	3 306	3 590	3
VIGEW1720 631	31020	3 356	3 775	3 563	3 664	3 705	31133	31216	3 607	3
VIGEW1730 948	31044	31495	3 682	31054	31191	3 783	3 800	3 446	3 708	3
VIGEW1740 788	31103	3 866	3 978	31070	3 879	31273	3 925	31197	31254	3
VIGEW17501031	3 823	3 896	31865	31539	31734	31627	3 589	3 776	3 614	3
VIGEW17601003	3 901	31153	31290	3 686	31513	3 731	31294	31380	31215	3
VIGEW1770 602	31036	3 928	3 833	31117	31470	3 751	3 934	3 910	3 644	3
VIGEW1780 825	3 745	31116	31129	31024	31356	31518	31157	3 899	3 621	3
VIGEW1790 812	3 677	31783	31152	3 222	3 498	3 646	31049	3 620	31002	3
VIGEW18001681	31558	31543	31406	31507	31381	3 503	3 962	31159	31277	3
VIGEW1810 694	3 809	31413	31047	3 136	31189	3 906	3 791	31287	31134	3
VIGEW1820 425	3 813	3 728	31070	31084	31285	31382	3 912	3 597	4 722	4
VIGEW1830 748	4 769	41225	41537	41429	4 582	41276	4 957	4 895	4 498	4
VIGEW18401006	41286	4 855	5 920	5 715	51242	61080	71103	71327	81132	8
VIGEW18501301	81378	81285	81241	8 847	9 817	11 817	11 679	111019	11 945	11
VIGEW18601015	111372	11 693	101012	121120	12 999	13 933	131023	15 518	151495	15
VIGEW1870 917	15 588	16 730	16 696	16 841	17 869	171102	171278	181120	19 805	21
VIGEW1880 725	211327	211095	211056	211062	221134	211258	21 896	211106	211171	21
VIGEW1890 495	23 935	23 631	23 630	23 741	23 986	25 996	251330	25 921	26 892	26
VIGEW1900 835	26 841	26 837	261159	26 897	271265	271092	27 924	28 855	30 623	30
VIGEW19101118	301146	301534	301478	301703	31 767	32 487	32 478	32 878	33 967	34
VIGEW1920 890	351103	36 656	371181	371265	37 984	371612	38 876	39 878	44 399	46
VIGEW19301412	481408	48 915	50 900	511286	521205	531284	531076	531173	551093	57
VIGEW19401022	571269	571040	591006	591281	61 897	611161	611200	61 899	611116	62
VIGEW1950 803	62 961	631000	63 607	63 881	63 730	63 848	63 919	631220	631191	63
VIGEW1960 903	63 785	64 786	641053	641165	651115	651108	651010	651303	65 734	65
VIGEW1970 660	65 598	65 921	651012	65 392	65 567	651073	651179	651264	651135	65
VIGEW1980 589	651267	65 831	65 954	65 925	651262	651072	651666	651082	65 550	65
VIGEW19901376	65 871	651468	651131	651264	65 892	65 843	651683	65 506	63 794	63
VIGEW2000 809	621161	629990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0

Cuadro 5. Índices de ancho de anillo para las cronologías Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de madera tardía de *Pseudotsuga menziesii*, La Viga, Sierra de Arteaga Saltillo, Coahuila. VIGLW Clave del sitio, (VIG) Viga y (LW) madera tardía.

VIGLW std: MADERA TARDÍA										
VIGLWS16599990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0 351	1
VIGLWS16601056	1 783	1 903	1 590	1 298	1 157	1 591	1 367	1 814	11357	1
VIGLWS1670 860	11095	21055	2 931	22226	2 604	21269	2 346	2 688	22058	2
VIGLWS16801981	21021	21862	21530	2 650	2 642	2 840	2 664	2 421	21145	2
VIGLWS16901159	21281	2 956	3 526	31210	31265	31903	31571	31393	31254	3
VIGLWS17001142	31000	31166	31938	31131	3 682	31368	3 876	31177	31119	3
VIGLWS1710 904	3 735	3 854	31054	31228	3 848	31080	3 945	3 422	3 612	3
VIGLWS1720 677	3 773	3 345	3 838	31071	3 593	3 620	3 717	3 781	3 397	3
VIGLWS1730 714	31090	3 916	3 673	3 870	31030	3 835	3 668	3 808	3 706	3
VIGLWS1740 535	3 711	3 670	3 664	3 753	31167	32679	3 888	31147	31125	3
VIGLWS17501176	3 909	31134	31980	31946	31385	32215	31782	31203	3 590	3
VIGLWS17601256	3 994	31053	31012	3 814	3 990	3 866	31013	31070	3 899	3
VIGLWS1770 649	3 906	3 766	3 471	31097	31279	3 900	3 669	3 717	3 960	3
VIGLWS1780 815	3 763	31414	31260	31094	31823	31790	3 794	3 848	31319	3
VIGLWS1790 903	32132	31421	31356	3 308	3 333	3 488	3 943	3 778	3 732	3
VIGLWS1800 695	31450	31265	32108	3 940	31332	31002	3 733	31708	31338	3
VIGLWS1810 994	3 851	31228	31159	3 373	3 951	3 571	3 797	3 653	3 989	3
VIGLWS1820 176	3 670	3 742	3 509	3 692	3 738	3 976	3 761	4 479	4 350	4
VIGLWS1830 495	41157	41362	41223	41054	41090	41016	41239	4 614	4 578	4
VIGLWS18401446	51092	51111	51089	5 967	71130	7 831	81076	81208	8 982	8
VIGLWS18501175	81018	81321	81096	101138	11 824	111096	11 818	11 658	111054	11
VIGLWS18601222	111361	121133	12 740	14 883	13 804	13 969	151179	15 745	151195	16
VIGLWS1870 969	16 604	16 747	17 835	171055	171038	191043	191288	201055	21 965	21
VIGLWS1880 846	211527	211392	211094	221070	221072	21 944	21 986	211143	221156	23
VIGLWS1890 558	23 793	23 528	23 665	24 622	25 946	251106	251016	26 868	26 921	26
VIGLWS1900 945	26 965	26 919	261127	27 749	271221	271168	29 959	301087	30 783	30
VIGLWS1910 999	301373	301600	311191	311186	321126	32 655	32 581	34 807	351025	35
VIGLWS1920 939	361067	371027	371202	381308	381029	391369	431028	461180	47 662	49
VIGLWS19301010	491126	501016	52 998	531159	531151	531162	531196	561114	571201	57
VIGLWS19401096	571080	591092	591083	611204	611086	611022	611007	621071	621109	62
VIGLWS19501003	63 993	63 965	63 846	63 953	63 749	63 917	63 799	631143	631119	63
VIGLWS19601013	64 976	64 846	641111	651252	65 955	651034	651060	65 952	65 993	65
VIGLWS1970 789	65 546	65 939	65 929	65 588	65 649	65 915	651141	651025	651021	65
VIGLWS1980 876	651063	65 960	651096	65 927	651146	651047	651334	651149	65 617	65
VIGLWS19901030	65 787	651279	651209	651179	651059	65 869	651404	65 747	63 818	63
VIGLWS2000 834	621394	629990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
VIGLWR16619990	0 856	1 969	1 654	1 455	1 464	1 990	1 633	11096	11514	1
VIGLWR1670 759	11573	11337	1 891	22236	2 276	21143	2 347	2 850	22262	2
VIGLWR16801683	2 599	21625	21287	2 268	2 681	21002	2 779	2 553	21388	2
VIGLWR16901234	21188	21017	2 538	31431	31138	31722	31211	31057	31238	3
VIGLWR1700 980	3 887	31043	31920	3 626	3 589	31425	31079	31182	31108	3
VIGLWR1710 834	3 813	3 959	31050	31244	3 921	31136	3 825	3 449	3 823	3
VIGLWR1720 900	3 924	3 509	31057	31095	3 686	3 735	3 906	31086	3 604	3
VIGLWR17301029	31057	31056	3 631	3 929	31292	3 890	3 792	3 565	3 826	3
VIGLWR1740 623	3 890	3 806	3 816	3 911	31186	32538	3 664	31048	31211	3
VIGLWR17501134	3 837	31158	31687	31573	3 930	32032	31310	3 841	3 476	3
VIGLWR17601311	31010	31036	3 992	3 800	31100	3 871	31077	3 995	3 930	3
VIGLWR1770 669	31008	3 825	3 458	31292	31320	3 758	3 661	3 843	31050	3
VIGLWR1780 994	3 881	31625	31068	31059	31738	31409	3 833	3 742	31313	3
VIGLWR1790 975	32058	31101	3 948	3 127	3 648	3 810	31128	3 888	3 615	3
VIGLWR1800 821	31594	31148	31947	3 998	31281	3 827	3 582	31920	31027	3
VIGLWR1810 763	3 855	31271	31060	3 263	31246	3 642	3 913	3 727	31134	3
VIGLWR1820 270	3 876	3 848	3 653	3 841	3 962	31138	3 779	3 395	3 613	3
VIGLWR1830 891	31350	41393	41295	4 932	41167	4 910	4 957	4 544	4 708	4
VIGLWR18401540	4 979	4 870	5 990	51081	51146	6 734	71077	81195	8 938	8

VIGLWR18501166	8	967	81141	8	933	8	984	9	709	91147	10	808	11	770	111148	11				
VIGLWR18601203	11	1158	11	872	10	640	12	999	12	896	131090	13	1145	13	677	151276	15			
VIGLWR1870	925	15	610	16	812	16	914	17	1140	171111	17	1043	19	1284	19	972	20	885	21	
VIGLWR1880	824	21	1535	21	1200	21	930	21	1030	21	1073	20	913	21	870	21	1102	21	1083	22
VIGLWR1890	494	22	919	23	641	23	833	23	781	24	1108	25	1210	25	960	25	874	26	932	26
VIGLWR1900	956	26	968	26	938	26	1162	26	752	27	1214	27	1178	27	868	29	1067	30	763	30
VIGLWR19101077	30	1337	30	1389	30	924	30	1085	31	995	32	582	32	678	32	945	33	1090	34	
VIGLWR1920	975	35	1081	36	1003	37	1154	37	1217	38	905	38	1305	39	942	41	1112	44	622	47
VIGLWR19301095	49	1167	49	985	50	930	52	1129	52	1075	52	1098	53	1108	53	976	56	1116	57	
VIGLWR19401016	57	973	57	1031	59	1022	59	1180	61	980	61	967	61	985	61	1034	61	1055	62	
VIGLWR1950	955	62	958	63	954	63	851	63	968	63	764	63	979	63	848	63	1203	63	1096	63
VIGLWR1960	949	63	946	64	839	64	1133	64	1203	65	844	65	1026	65	1047	65	936	65	999	65
VIGLWR1970	789	65	595	65	1078	65	1005	65	591	65	777	65	1043	65	1178	65	1014	65	1024	65
VIGLWR1980	862	65	1091	65	960	65	1111	65	900	65	1149	65	1017	65	1280	65	1047	65	559	65
VIGLWR19901102	65	810	65	1324	65	1151	65	1069	65	967	65	812	65	1400	65	642	63	826	63	
VIGLWR2000	859	62	1396	62	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	0
VIGLWA16579990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	0	351	11	056	1	783	1	
VIGLWA1660	903	1	718	1	920	1	589	1	361	1	232	1	768	1	519	1	952	11	380	1
VIGLWA1670	877	11	518	11	409	11	1110	22	227	2	626	2	1203	2	239	2	879	22	087	2
VIGLWA16802068	2	888	2	1555	2	1444	2	590	2	538	2	868	2	808	2	489	2	1191	2	
VIGLWA16901240	2	1301	2	1027	2	571	3	1320	3	1218	3	1861	3	1360	3	1248	3	1267	3	
VIGLWA17001146	3	969	3	1051	3	1949	3	899	3	641	3	1221	3	1241	3	1292	3	1133	3	
VIGLWA1710	897	3	798	3	921	3	1040	3	1256	3	974	3	1138	3	834	3	456	3	648	3
VIGLWA1720	796	3	878	3	426	3	874	3	996	3	722	3	601	3	760	3	1017	3	594	3
VIGLWA1730	899	3	959	3	1085	3	607	3	826	3	1195	3	981	3	772	3	458	3	693	3
VIGLWA1740	517	3	768	3	663	3	721	3	770	3	1107	3	2531	3	1059	3	1163	3	1097	3
VIGLWA17501372	3	932	3	1186	3	1699	3	1828	3	1179	3	2100	3	1610	3	1192	3	481	3	
VIGLWA17601272	3	1091	3	1170	3	944	3	828	3	1043	3	896	3	1066	3	974	3	947	3	
VIGLWA1770	632	3	920	3	772	3	427	3	1082	3	1303	3	879	3	572	3	697	3	986	3
VIGLWA1780	995	3	856	3	1549	3	1196	3	1176	3	1720	3	1663	3	1078	3	765	3	1280	3
VIGLWA17901105	3	2148	3	1345	3	1170	3	85	3	541	3	633	3	1118	3	814	3	558	3	
VIGLWA1800	626	3	1494	3	1266	3	2045	3	1187	3	1462	3	881	3	713	3	1806	3	1285	3
VIGLWA1810	929	3	733	3	1270	3	1151	3	348	3	1025	3	606	3	909	3	577	3	1064	3
VIGLWA1820	205	3	713	3	635	3	632	3	638	3	837	3	1055	3	771	3	311	3	385	3
VIGLWA1830	701	3	1263	4	1411	4	1378	4	998	4	1190	4	970	4	1018	4	523	4	615	4
VIGLWA18401390	4	1101	4	912	5	881	5	1082	5	1179	6	790	7	1014	8	1169	8	1031	8	
VIGLWA18501160	8	994	8	1174	8	963	8	1012	9	688	9	1095	10	797	11	764	11	1015	11	
VIGLWA18601221	11	1216	11	915	10	615	12	897	12	872	13	1080	13	1114	13	715	15	1187	15	
VIGLWA1870	945	15	661	16	660	16	825	17	1095	17	1112	17	1055	19	1275	19	1048	20	931	21
VIGLWA1880	787	21	1505	21	1325	21	1077	21	994	21	1109	20	975	21	885	21	1056	21	1104	22
VIGLWA1890	537	22	787	23	538	23	760	23	639	24	1016	25	1147	25	1009	25	840	26	877	26
VIGLWA1900	928	26	958	26	913	26	1128	26	772	27	1171	27	1174	27	972	29	1026	30	770	30
VIGLWA19101047	30	1320	30	1506	30	1049	30	1114	31	1014	32	659	32	585	32	819	33	1045	34	
VIGLWA1920	971	35	1043	36	982	37	1163	37	1248	38	992	38	1305	39	1013	41	1178	44	634	47
VIGLWA19301056	49	1128	49	1089	50	910	52	1107	52	1101	52	1156	53	1133	53	1027	56	1131	57	
VIGLWA19401058	57	1015	57	1029	59	1042	59	1199	61	1034	61	993	61	969	61	1048	61	1070	62	
VIGLWA1950	980	62	950	63	938	63	842	63	924	63	730	63	912	63	788	63	1160	63	1092	63
VIGLWA19601000	63	908	64	827	64	1092	64	1221	65	918	65	992	65	1025	65	981	65	986	65	
VIGLWA1970	779	65	542	65	938	65	970	65	601	65	617	65	901	65	1158	65	1036	65	1008	65
VIGLWA1980	836	65	1066	65	966	65	1128	65	900	65	1148	65	1026	65	1330	65	1104	65	633	65
VIGLWA1990	983	65	804	65	1328	65	1171	65	1164	65	962	65	842	65	1359	65	746	63	807	63
VIGLWA2000	723	62	1384	62	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	0

Cuadro 6. Índices de ancho de anillo cronología Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de anillo total de *Pseudotsuga menziesii*, El Coahuilón, Sierra de Arteaga, Saltillo, Coahuila. COARW Clave del sitio, (COA) Coahuilón y (RW) anillo total.

COARW Std: ANILLO TOTAL											
COARWS1700	991	11201	11213	1 899	1 704	1 641	1 865	1 967	11084	1 608	1
COARWS1710	873	11067	11362	1 321	11137	1 736	1 660	1 719	11158	11379	1
COARWS1720	424	11577	21462	21685	21044	2 889	21261	21252	21229	2 760	2
COARWS1730	528	2 626	2 624	2 537	2 887	21148	21168	21155	2 979	2 977	2
COARWS1740	979	2 904	2 900	21616	21738	21131	21598	21204	21027	2 995	3
COARWS1750	494	3 920	4 878	41198	4 994	4 996	41227	4 998	5 869	51333	5
COARWS17601207	51186	61202	71015	7 524	71280	91218	101136	101459	111359	11	11
COARWS17701521	111118	121223	121268	121132	121177	131333	131086	141225	141008	14	14
COARWS17801258	151085	16 874	161551	161475	16 205	16 416	16 373	16 677	17 296	17	17
COARWS1790	502	18 785	18 856	181080	181022	181138	191143	19 937	20 672	21 739	21
COARWS18001168	23 529	23 713	23 639	23 876	23 432	23 398	23 544	23 412	23 547	23	23
COARWS1810	709	23 562	23 748	23 755	23 914	23 876	241279	241335	241211	24 608	24
COARWS1820	851	24 777	24 620	24 797	241159	241448	251043	251494	251320	251267	27
COARWS1830	806	281001	281310	291356	291420	311266	311250	321539	32 622	341029	34
COARWS18401111	341006	34 951	351066	351388	351197	371299	371107	401293	41 942	41	41
COARWS18501178	411278	411316	421216	43 977	451032	461137	47 818	481042	481163	48	48
COARWS1860	854	491188	49 768	49 879	501106	501460	51 982	53 762	54 553	541459	57
COARWS1870	870	59 709	59 783	61 814	61 818	61 912	63 995	631279	631454	67 758	67
COARWS1880	863	671287	67 819	681154	681021	691312	701062	70 987	701408	701455	70
COARWS1890	515	70 919	70 534	70 540	70 485	70 645	70 648	701231	711007	711105	71
COARWS19001318	711025	72 958	721296	72 977	721514	731401	73 883	73 860	73 622	73	73
COARWS1910	949	73 758	731052	731284	731357	73 951	73 592	73 370	73 827	731051	73
COARWS1920	598	74 644	74 576	74 951	74 799	74 809	741221	74 609	74 615	74 670	74
COARWS1930	959	741518	74 807	74 745	741250	741106	741069	741008	741058	741422	74
COARWS19401557	741599	741415	741098	741287	741177	741255	741018	741118	741423	74	74
COARWS1950	976	74 932	74 648	74 354	74 937	74 757	74 792	72 706	721017	701199	70
COARWS1960	975	70 943	70 681	70 889	701096	701144	701533	701186	701379	70 986	70
COARWS19701531	70 636	701158	701074	70 810	70 676	701102	701134	701288	701118	70	70
COARWS1980	651	701339	70 570	70 881	69 746	691235	691018	681440	681397	68 534	68
COARWS19901440	68 730	681379	66 859	661011	661031	65 564	651712	65 452	51 496	48	48
COARWS2000	583	48 745	479990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
COARWR17029990	09990	01133	1 783	1 726	1 795	11077	11088	11127	1 583	1	1
COARWR17101043	11190	11359	1 158	11394	1 783	1 766	1 917	11341	11358	1	1
COARWR1720	240	11267	11233	11458	2 729	2 789	21294	21159	21094	2 635	2
COARWR1730	600	2 854	2 841	2 741	21126	21250	21118	21075	2 908	2 975	2
COARWR17401003	2 921	2 945	21664	21481	2 734	21447	2 946	2 877	2 865	2	2
COARWR1750	520	2 993	2 887	21090	3 931	3 994	41224	4 928	4 808	41354	4
COARWR17601129	41115	41163	5 846	5 477	61446	71136	71061	91337	91125	11	11
COARWR17701308	11 811	111040	111094	12 993	121074	121200	12 936	131128	13 912	14	14
COARWR17801182	14 887	14 829	151601	151069	16 90	16 593	16 675	161039	16 589	16	16
COARWR1790	871	171110	171012	181217	181042	181124	181097	18 843	19 708	19 904	20
COARWR18001292	20 543	21 856	23 865	231074	23 572	23 672	23 883	23 716	23 897	23	23
COARWR1810	999	23 791	23 992	23 951	231051	23 998	231395	231284	241053	24 488	24
COARWR1820	961	24 880	24 772	241007	241313	241469	24 867	241422	251114	251062	25
COARWR1830	602	251019	271310	281216	281270	281042	301064	311385	32 368	321055	32
COARWR18401138	34 979	34 948	341071	341365	351081	351178	36 946	371159	38 805	40	40
COARWR18501141	401228	411182	411053	41 835	42 998	451121	45 770	461084	471173	48	48
COARWR1860	791	481206	48 732	49 939	491199	491456	50 811	51 684	51 631	531636	54
COARWR1870	791	54 700	57 890	59 937	59 931	611022	611062	611306	631377	63 578	63
COARWR1880	868	671371	67 760	671174	671002	681291	69 967	69 903	701407	701329	70
COARWR1890	320	701014	70 648	70 724	70 716	70 901	70 862	701429	701013	711087	71
COARWR19001282	71 924	71 902	711300	72 868	721471	721239	73 684	73 826	73 670	73	73
COARWR19101079	73 842	731145	731317	731268	73 807	73 562	73 516	731094	731230	73	73
COARWR1920	641	73 782	73 766	741162	74 907	74 897	741323	74 590	74 719	74 867	74
COARWR19301143	741608	74 662	74 736	741363	741082	741009	74 975	741038	741398	74	74

COARWR19401413	741359	741147	74 865	741187	741045	741146	74 908	741071	741378	74
COARWR1950 817	74 866	74 662	74 470	741202	74 877	74 899	72 823	721168	701239	70
COARWR1960 926	70 924	70 713	70 999	701185	701141	701491	701008	701241	70 838	70
COARWR19701461	70 479	701198	701096	70 769	70 728	701240	701164	701226	701013	70
COARWR1980 562	701434	70 529	70 958	69 859	691339	691007	681399	681268	68 339	68
COARWR19901520	68 687	681404	66 796	66 994	661063	65 568	651850	65 327	51 517	48
COARWR2000 823	48 970	479990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
COARWA1700 991	11201	11170	1 853	1 729	1 716	1 972	11030	11127	1 613	1
COARWA1710 992	11117	11380	1 253	11320	1 706	1 768	1 818	11263	11375	1
COARWA1720 361	11213	11156	11527	2 860	2 859	21241	21179	21173	2 702	2
COARWA1730 574	2 716	2 708	2 632	21001	21182	21153	21138	2 963	2 993	2
COARWA1740 995	2 918	2 928	21636	21590	2 965	21550	21046	2 988	2 871	2
COARWA1750 493	2 871	2 768	21021	3 892	3 977	41199	4 962	4 838	41316	4
COARWA17601160	41205	41232	5 928	5 506	61337	71110	71145	91385	91227	11
COARWA17701423	11 935	111106	111103	121032	121099	121225	12 998	131169	13 944	14
COARWA17801203	14 916	14 850	151557	151149	16 222	16 471	16 429	16 831	16 450	16
COARWA1790 733	17 957	17 954	181200	181072	181175	181144	18 903	19 716	19 831	20
COARWA18001207	20 552	21 808	23 745	23 990	23 523	23 578	23 714	23 582	23 764	23
COARWA1810 876	23 723	23 916	23 884	231013	23 979	231394	231356	241195	24 592	24
COARWA1820 919	24 789	24 716	24 913	241243	241500	241009	241517	251216	251199	25
COARWA1830 680	25 994	271249	281264	281367	281161	301163	311446	32 484	321038	32
COARWA18401050	34 996	34 957	341062	341369	351164	351278	361030	371216	38 852	40
COARWA18501152	401230	411254	411145	41 910	421008	451106	45 792	461063	471147	48
COARWA1860 831	481201	48 740	49 926	491136	491468	50 926	51 756	51 571	531507	54
COARWA1870 809	54 757	57 808	59 855	59 867	61 969	611032	611306	631442	63 720	63
COARWA1880 896	671299	67 798	671190	671001	681326	691031	69 969	701406	701401	70
COARWA1890 473	70 987	70 548	70 634	70 561	70 748	70 732	701331	701027	711153	71
COARWA19001317	711014	71 963	711295	72 918	721510	721323	73 841	73 855	73 613	73
COARWA1910 977	73 766	731095	731292	731343	73 927	73 611	73 427	73 912	731106	73
COARWA1920 645	73 733	73 649	741044	74 851	74 876	741271	74 620	74 696	74 738	74
COARWA19301035	741566	74 778	74 798	741283	741099	741081	741009	741055	741410	74
COARWA19401502	741532	741343	741030	741256	741100	741213	74 967	741104	741392	74
COARWA1950 912	74 922	74 630	74 384	741014	74 766	74 856	72 752	721093	701211	70
COARWA1960 984	70 960	70 702	70 934	701117	701151	701542	701141	701368	70 936	70
COARWA19701517	70 567	701210	701056	70 819	70 703	701149	701138	701280	701093	70
COARWA1980 632	701380	70 535	70 938	69 760	691282	691017	681454	681359	68 493	68
COARWA19901488	68 688	681434	66 822	661040	661038	65 583	651776	65 400	51 544	48
COARWA2000 623	48 813	479990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0

Cuadro 7. Índices de ancho de anillo cronología Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de madera temprana de *Pseudotsuga menziesii*, El Coahuilon, Sierra de Arteaga, Saltillo, Coahuila. EWCOA Clave del sitio, (EW) madera temprana y (COA) Coahuilon.

EWCOA Std: MADERA TEMPRANA

EWCOAS17001027	11293	11196	1 917	1 755	1 668	1 946	1 958	11027	1 568	1
EWCOAS1710 742	11060	11343	1 246	11151	1 604	1 590	1 701	11031	11440	1
EWCOAS1720 420	11699	21485	21771	21022	2 884	21297	21197	21343	2 712	2
EWCOAS1730 549	2 633	2 675	2 534	2 758	21178	21151	21148	21013	21073	2
EWCOAS17401056	2 859	2 988	21830	21669	21129	21693	21093	2 978	2 943	3
EWCOAS1750 372	3 887	4 897	41232	41005	41028	41147	41017	5 850	51360	5
EWCOAS17601249	51251	61247	71046	7 451	71278	91221	101113	101494	111398	11
EWCOAS17701446	11 966	121261	121305	121119	121132	131420	131100	141242	141039	14
EWCOAS17801266	151098	16 914	161583	161453	16 206	16 434	16 377	16 692	17 292	17
EWCOAS1790 508	18 807	18 853	181018	181012	181095	191123	19 899	20 666	21 654	21
EWCOAS18001103	23 504	23 691	23 660	23 780	23 404	23 353	23 553	23 381	23 540	23
EWCOAS1810 722	23 582	23 714	23 785	23 882	23 895	241347	241357	241275	24 625	24
EWCOAS1820 882	24 796	24 646	24 760	241173	241452	25 969	251480	251297	251305	27
EWCOAS1830 788	28 917	281328	291348	291470	311283	311347	321579	32 592	341003	34
EWCOAS18401185	341062	34 932	351068	351437	351167	371221	371125	401348	41 918	41
EWCOAS18501195	411286	411265	421200	43 869	451076	461067	47 805	481044	481009	48
EWCOAS1860 829	491235	49 815	49 917	501126	501502	51 988	53 734	54 557	541471	57
EWCOAS1870 894	59 731	59 796	61 809	61 818	61 915	631017	631272	631415	67 739	67
EWCOAS1880 900	671264	67 845	681197	681051	691300	701089	70 962	701343	701498	70
EWCOAS1890 525	70 930	70 514	70 532	70 448	70 660	70 672	701130	71 999	711116	71
EWCOAS19001201	71 900	72 944	721249	721000	721501	731445	73 912	73 822	73 642	73
EWCOAS1910 969	73 803	731057	731340	731426	73 856	73 557	73 360	73 862	731019	73
EWCOAS1920 619	74 636	74 583	74 993	74 822	74 796	741267	74 609	74 580	74 701	74
EWCOAS1930 993	741560	74 776	74 677	741285	741115	741105	741003	741041	741389	74
EWCOAS19401524	741611	741456	741087	741170	741134	741275	74 977	741105	741484	74
EWCOAS1950 956	74 983	74 714	74 369	74 940	74 758	74 821	72 741	721013	701205	70
EWCOAS1960 994	70 962	70 698	70 935	701083	701212	701564	701143	701442	70 865	70
EWCOAS19701403	70 637	701088	701007	70 802	70 712	701154	701161	701245	701069	70
EWCOAS1980 672	701432	70 564	70 863	69 757	691280	691071	681450	681409	68 528	68
EWCOAS19901449	68 737	681437	66 862	661008	661045	65 543	651729	65 455	51 506	48
EWCOAS2000 580	48 740	479990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
EWCOAR17039990	09990	09990	0 813	1 744	1 763	11119	11053	11088	1 578	1
EWCOAR1710 912	11220	11401	1 143	11391	1 627	1 793	1 902	11240	11513	1
EWCOAR1720 288	11264	11102	11549	2 689	2 789	21323	21103	21237	2 551	2
EWCOAR1730 606	2 824	2 885	2 728	2 994	21345	21140	21079	2 932	21052	2
EWCOAR17401031	2 839	21046	21852	21376	2 766	21498	2 780	2 858	2 859	2
EWCOAR1750 404	2 978	2 914	21131	3 989	31029	41159	4 959	4 809	41307	4
EWCOAR17601116	41186	51218	5 848	5 352	51388	6 978	71054	91398	91152	10
EWCOAR17701188	10 685	111127	111158	12 986	121007	121281	12 912	131142	13 932	14
EWCOAR17801194	14 883	14 845	151649	151193	16 96	16 606	16 641	161000	16 593	16
EWCOAR1790 899	171129	171034	181161	181061	181093	181095	18 791	19 715	19 811	20
EWCOAR18001293	21 551	22 857	23 897	23 959	23 569	23 655	23 899	23 681	23 894	23
EWCOAR18101013	23 792	23 947	23 996	231024	231016	231467	231288	241126	24 491	24
EWCOAR1820 970	24 884	24 761	24 959	241336	241450	24 829	241444	251138	251128	25
EWCOAR1830 607	26 961	271336	281237	281344	281068	301149	311415	32 332	321037	32
EWCOAR18401208	34 989	34 893	341072	341411	351041	351109	361005	371234	38 766	40
EWCOAR18501154	411246	411129	411064	41 745	421088	441057	45 781	461102	471033	48
EWCOAR1860 817	481289	49 769	49 952	491186	501483	50 810	50 657	51 634	531644	54
EWCOAR1870 809	55 715	57 895	59 912	59 931	611021	611070	611290	631342	63 581	64
EWCOAR1880 928	671342	67 784	671217	671017	681251	68 987	69 883	701353	701398	70
EWCOAR1890 327	701018	70 624	70 710	70 684	70 919	70 880	701308	701022	711117	71
EWCOAR19001170	71 844	71 952	711280	72 921	721463	721290	73 707	73 781	73 699	73
EWCOAR19101093	73 874	731129	731366	731323	73 694	73 553	73 526	731117	731176	73
EWCOAR1920 662	73 777	73 767	741193	74 920	74 876	741368	74 584	74 686	74 902	74
EWCOAR19301161	741630	74 618	74 676	741416	741079	741044	74 967	741021	741366	74

EWCOAR19401392	741401	741202	74 854	741072	741045	741202	74 876	741070	741449	74
EWCOAR1950 796	74 921	74 723	74 455	741180	74 870	74 919	72 848	721134	701247	70
EWCOAR1960 942	70 938	70 716	701029	701153	701208	701513	70 939	701317	70 719	70
EWCOAR19701366	70 543	701154	701043	70 793	70 777	701278	701172	701173	70 985	70
EWCOAR1980 612	701512	70 496	70 928	69 867	691385	691042	681404	681278	68 346	68
EWCOAR19901523	68 690	681452	66 788	66 987	661077	65 544	651869	65 340	51 537	48
EWCOAR2000 818	48 954	479990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
EWCOAA17019990	01027	11293	1 871	1 769	1 699	11026	11008	11094	1 597	1
EWCOAA1710 854	11127	11401	1 237	11317	1 560	1 764	1 786	11162	11507	1
EWCOAA1720 408	11239	11048	11597	2 807	2 852	21264	21127	21304	2 628	2
EWCOAA1730 588	2 687	2 760	2 632	2 887	21263	21169	21153	2 988	21075	2
EWCOAA17401042	2 859	21027	21834	21533	21002	21586	2 888	2 934	2 829	2
EWCOAA1750 361	2 832	2 778	21062	3 964	31032	41159	4 994	4 834	41275	4
EWCOAA17601139	41256	51288	5 943	5 389	51266	6 926	71084	91401	91239	10
EWCOAA17701299	10 779	111135	111146	121035	121038	121294	12 972	131185	13 962	14
EWCOAA17801218	14 917	14 866	151610	151283	16 249	16 515	16 428	16 815	16 464	16
EWCOAA1790 770	17 999	17 996	181160	181090	181136	181135	18 838	19 708	19 730	20
EWCOAA18001195	21 543	22 805	23 786	23 888	23 513	23 547	23 735	23 557	23 769	23
EWCOAA1810 898	23 735	23 881	23 931	23 991	231003	231466	231374	241272	24 603	24
EWCOAA1820 942	24 808	24 717	24 875	241266	241479	24 961	241516	251226	251255	25
EWCOAA1830 691	26 946	271275	281279	281440	281195	301258	311494	32 465	321021	32
EWCOAA18401124	341015	34 916	341059	341408	351126	351200	361063	371278	38 827	40
EWCOAA18501168	411248	411203	411142	41 805	421076	441039	45 801	461072	471013	48
EWCOAA1860 831	481260	49 789	49 956	491143	501502	50 925	50 726	51 572	531520	54
EWCOAA1870 834	55 770	57 825	59 841	59 873	61 971	611044	611293	631403	63 703	64
EWCOAA1880 940	671282	67 826	671231	671031	681295	681046	69 940	701349	701452	70
EWCOAA1890 468	70 995	70 535	70 624	70 538	70 772	70 762	701226	701024	711159	71
EWCOAA19001203	71 908	71 969	711259	72 963	721500	721375	73 859	73 817	73 642	73
EWCOAA1910 997	73 814	731094	731353	731403	73 826	73 588	73 421	73 943	731070	73
EWCOAA1920 666	73 727	73 662	741086	74 880	74 868	741324	74 622	74 671	74 779	74
EWCOAA19301066	741605	74 740	74 728	741323	741094	741115	741004	741040	741374	74
EWCOAA19401467	741549	741380	741015	741137	741073	741238	74 932	741097	741456	74
EWCOAA1950 895	74 977	74 702	74 397	741020	74 774	74 881	72 789	721076	701226	70
EWCOAA1960 996	70 974	70 711	70 972	701100	701222	701570	701081	701425	70 810	70
EWCOAA19701401	70 586	701144	701001	70 817	70 744	701201	701166	701237	701056	70
EWCOAA1980 662	701460	70 525	70 917	69 773	691330	691065	681471	681375	68 493	68
EWCOAA19901492	68 696	681477	66 825	661033	661054	65 560	651797	65 414	51 561	48
EWCOAA2000 641	48 815	479990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0

Cuadro 8. Índices de ancho de anillo cronología Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de madera tardía de *Pseudotsuga menziesii*, El Coahuilon, Sierra de Arteaga, Saltillo, Coahuila. COAH Clave del sitio, (COAH) Coahuilón.

COAH	Std:	MADERA	TARDÍA									
COAH	S1700	844	1 793	11311	1 840	1 493	1 540	1 521	11030	11364	1 809	1
COAH	S17101484		11123	11469	1 679	11098	11341	1 996	1 823	11741	11137	1
COAH	S1720	464	1 782	21231	21084	21146	2 949	21069	21616	2 658	21062	2
COAH	S1730	453	2 607	2 409	2 579	21531	21061	21311	21254	2 860	2 574	2
COAH	S1740	681	21116	2 571	2 786	22052	21168	21256	21659	21235	21215	3
COAH	S1750	958	3 944	4 889	41009	4 877	4 897	41587	4 825	51008	51139	5
COAH	S17601088		5 829	6 950	7 884	7 780	71134	91208	101205	101226	111134	11
COAH	S17701587		112026	121105	121275	121250	121518	131142	131201	141165	141014	14
COAH	S17801243		151153	16 892	161479	161290	16 246	16 390	16 419	16 715	17 336	17
COAH	S1790	479	18 707	18 822	181282	181062	181239	191047	191085	20 697	211031	21
COAH	S18001362		23 654	23 772	23 581	231247	23 563	23 576	23 482	23 540	23 579	23
COAH	S1810	659	23 506	23 846	23 594	23 927	23 799	24 975	241256	241011	24 577	24
COAH	S1820	766	24 678	24 543	24 920	241045	241426	251223	251507	251369	251166	27
COAH	S1830	898	281217	281295	291376	291280	311117	31 888	321243	32 678	341048	34
COAH	S1840	779	34 789	34 906	351051	351161	351314	371509	371065	401063	411032	41
COAH	S18501140		411212	411511	421249	431319	45 863	461399	47 902	481050	481712	48
COAH	S1860	906	491001	49 619	49 766	501011	501272	51 924	53 855	54 572	541336	57
COAH	S1870	786	59 632	59 736	61 786	61 804	61 883	63 914	631236	631549	67 875	67
COAH	S1880	744	671326	67 736	68 956	68 932	691397	70 982	701086	701620	701282	70
COAH	S1890	517	70 935	70 666	70 597	70 668	70 611	70 590	701452	711051	711067	71
COAH	S19001659		711449	721031	721533	72 950	721610	731258	73 857	731023	73 616	73
COAH	S1910	915	73 600	731007	731110	731140	731303	72 746	72 461	72 761	721151	72
COAH	S1920	559	74 719	74 576	74 809	74 752	74 883	741038	74 663	74 771	74 602	74
COAH	S1930	842	741315	74 928	74 981	741103	741071	74 966	741012	741098	741554	74
COAH	S19401595		741544	741270	741132	741598	741280	741155	741153	741130	741183	74
COAH	S19501038		74 757	74 416	74 367	74 930	74 744	74 708	72 614	721059	701147	70
COAH	S1960	873	70 851	70 662	70 749	701105	70 892	701316	701334	701173	701333	70
COAH	S19701918		70 668	701411	701289	70 859	70 605	70 892	701016	701356	701257	70
COAH	S1980	577	70 987	70 657	70 958	69 708	691077	69 854	681381	681361	68 553	68
COAH	S19901403		68 718	681138	66 833	661040	66 973	65 672	651707	65 454	51 485	48
COAH	S2000	596	48 827	479990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
COAH	R17029990		09990	01405	1 760	1 520	1 738	1 741	11251	11412	1 685	1
COAH	R17101515		1 981	11378	1 508	11163	11348	1 872	1 792	11808	1 904	1
COAH	R1720	340	11084	11610	11023	21006	2 857	21030	21562	2 559	21012	2
COAH	R1730	511	2 708	2 535	2 733	21671	2 993	21246	21260	2 856	2 570	2
COAH	R1740	758	21208	2 540	2 873	22202	2 958	21083	21593	21134	2 869	2
COAH	R1750	924	2 900	3 906	31087	4 895	4 900	41564	4 887	4 743	41307	4
COAH	R17601034		5 700	5 845	5 769	5 854	71276	71163	71102	101121	101045	11
COAH	R17701534		111739	11 637	111075	121015	121326	12 989	12 969	121109	13 933	13
COAH	R17801149		14 961	14 760	151476	161232	16 152	16 566	16 674	161026	16 452	16
COAH	R1790	721	17 961	171022	181410	181039	181237	18 998	191054	19 684	191151	21
COAH	R18001311		21 539	21 935	21 645	221418	23 590	23 698	23 681	23 708	23 792	23
COAH	R1810	903	23 694	231051	23 772	231012	23 907	231099	231328	24 980	24 559	24
COAH	R1820	893	24 832	24 712	241101	241130	241485	241140	241365	251139	25 943	25
COAH	R1830	749	251266	261200	271270	281056	29 982	30 793	311238	32 598	321134	33
COAH	R1840	805	33 854	341046	341073	341135	351258	351371	36 841	37 922	38 963	39
COAH	R18501114		411163	411423	411077	411160	43 740	451379	46 788	461031	461668	48
COAH	R1860	701	48 901	48 598	48 894	491137	501283	50 830	51 850	52 625	531439	53
COAH	R1870	735	56 690	57 832	59 934	59 902	60 987	61 990	621298	621483	63 707	65
COAH	R1880	712	671392	67 665	671002	68 967	681445	69 896	691077	691572	701073	70
COAH	R1890	383	701021	70 724	70 726	70 808	70 761	70 754	701623	70 984	711039	71
COAH	R19001605		711249	71 788	721426	72 764	721541	721096	73 723	731017	73 625	73
COAH	R19101008		73 683	731133	731157	731134	731266	72 657	72 498	72 931	721301	72
COAH	R1920	590	72 849	73 689	73 968	73 860	74 991	741132	74 667	74 871	74 730	74
COAH	R1930	990	741407	74 894	74 987	741134	741021	74 941	741027	741077	741511	74
COAH	R19401388		741292	741038	74 979	741552	741107	741007	741065	741058	741118	74
COAH	R1950	966	74 728	74 488	74 548	741166	74 848	74 817	72 724	721215	701154	70

COAH R1960 875	70 871	70 735	70 865	701224	70 895	701363	701273	701068	701235	70
COAH R19701778	70 395	701410	701186	70 748	70 617	70 998	701085	701362	701139	70
COAH R1980 487	701062	70 679	701069	69 752	691173	69 877	681412	681265	68 440	68
COAH R19901478	68 647	681179	66 817	661101	66 984	65 688	651819	65 316	51 545	48
COAH R2000 759	48 997	479990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
COAH A16999990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0 844	1
COAH A1700 793	11311	11421	1 866	1 591	1 687	1 600	11072	11330	1 713	1
COAH A17101512	11088	11434	1 676	11168	11391	1 936	1 856	11818	11046	1
COAH A1720 448	11079	11553	11080	21112	2 962	21048	21580	2 682	21035	2
COAH A1730 546	2 578	2 386	2 488	21424	2 931	21228	21351	2 953	2 639	2
COAH A1740 721	21092	2 473	2 741	22085	21080	21222	21787	21340	21081	2
COAH A17501089	2 973	3 923	31078	4 897	4 880	41534	4 968	4 798	41327	4
COAH A17601069	5 736	5 841	5 707	5 737	71159	71122	71117	101183	101115	11
COAH A17701599	111903	11 925	111265	121173	121390	121129	121073	121192	131000	13
COAH A17801186	141024	14 791	151459	161300	16 254	16 511	16 503	16 758	16 269	16
COAH A1790 472	17 716	17 795	181261	181028	181254	181088	191112	19 752	191127	21
COAH A18001316	21 592	21 911	21 608	221272	23 580	23 600	23 572	23 509	23 578	23
COAH A1810 691	23 508	23 851	23 632	23 852	23 805	23 991	231280	241013	24 601	24
COAH A1820 847	24 745	24 586	24 960	241031	241433	241229	241479	251326	251108	25
COAH A1830 879	251297	261258	271351	281203	291107	30 889	311255	32 648	321084	33
COAH A1840 804	33 781	34 983	341013	341107	351280	351446	36 987	371019	381022	39
COAH A18501120	411194	411483	411220	411299	43 895	451428	46 900	461058	461720	48
COAH A1860 846	48 980	48 663	48 801	491045	501221	50 858	51 857	52 603	531319	53
COAH A1870 726	56 628	57 756	59 796	59 777	60 880	61 907	621234	621503	63 833	65
COAH A1880 779	671385	67 692	67 965	68 964	681394	69 969	691123	691643	701220	70
COAH A1890 536	701037	70 693	70 609	70 687	70 602	70 577	701439	70 964	711041	71
COAH A19001664	711388	71 969	721559	72 925	721602	721281	73 858	731103	73 662	73
COAH A1910 935	73 634	731005	731097	731109	731303	72 747	72 503	72 829	721163	72
COAH A1920 537	72 754	73 592	73 790	73 727	74 853	741036	74 619	74 778	74 634	74
COAH A1930 834	741292	74 885	74 984	741151	741035	74 968	741044	741086	741531	74
COAH A19401516	741486	741280	741172	741689	741310	741192	741236	741174	741213	74
COAH A19501065	74 794	74 481	74 419	74 945	74 688	74 671	72 604	721047	701066	70
COAH A1960 845	70 854	70 690	70 760	701111	70 845	701316	701330	701162	701356	70
COAH A19701916	70 657	701515	701359	70 853	70 703	70 961	701016	701322	701204	70
COAH A1980 577	701044	70 653	70 950	69 697	691059	69 839	681349	681322	68 537	68
COAH A19901472	68 719	681130	66 863	661056	66 993	65 678	651758	65 427	51 493	48
COAH A2000 667	48 783	479990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0

Cuadro 9. Índices de ancho de anillo para las cronologías Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de madera temprana de *Pseudotsuga menziesii*, Los Pilares, Sierra de Arteaga, Saltillo, Coahuila. PILAR Clave del sitio.

PILAR Std: MADERA TEMPRANA											
PILARS17759990	09990	09990	09990	09990	0 769	1 822	11066	11083	1 872	4	
PILARS17801224	41227	5 926	61435	61295	6 994	61162	71199	81305	8 789	8	
PILARS17901038	81200	81181	9 911	91036	9 947	91170	9 691	9 965	91310	9	
PILARS18001470	9 536	11 963	111337	121113	13 693	13 832	13 888	13 891	13 954	14	
PILARS18101041	14 614	14 745	14 870	14 841	14 969	141076	151172	16 890	16 579	16	
PILARS1820 967	16 881	16 862	161043	161214	171233	17 745	171180	19 818	191392	19	
PILARS1830 912	191132	191393	191082	191095	191191	191440	191197	20 843	201190	20	
PILARS18401036	201240	201162	201242	201321	201327	201221	211278	211427	21 718	21	
PILARS18501140	24 936	241086	25 891	26 709	261108	261138	27 878	271035	27 911	27	
PILARS1860 709	281227	28 571	28 773	281078	281019	28 916	28 879	28 471	281212	28	
PILARS1870 956	28 477	29 632	29 585	29 754	30 803	30 878	30 954	30 841	30 602	30	
PILARS1880 482	331184	33 994	331223	33 919	331318	331286	33 807	331073	331070	33	
PILARS1890 504	33 980	33 875	33 565	33 665	341112	341228	341006	34 713	361030	36	
PILARS1900 961	36 893	37 624	37 974	371084	371394	371445	37 893	371053	37 652	37	
PILARS19101064	371210	371403	371494	371802	371466	37 579	37 418	371228	371149	37	
PILARS1920 916	37 843	37 524	371100	371273	37 697	371549	37 916	36 889	36 405	36	
PILARS19301242	361466	35 576	35 453	35 995	351048	351114	351144	35 794	35 843	35	
PILARS19401036	351254	32 972	321006	321116	32 865	321319	321316	321040	321323	32	
PILARS19501192	321312	321034	32 909	32 879	32 790	32 935	32 638	321029	321270	32	
PILARS1960 919	32 875	31 594	311098	311135	311209	311577	311222	311211	31 873	31	
PILARS1970 930	31 654	31 859	31 869	31 477	31 532	31 893	30 838	301072	30 979	30	
PILARS1980 751	301386	30 956	301083	30 982	301344	301327	301669	301063	29 397	29	
PILARS19901255	29 619	291228	29 972	291046	29 685	28 586	281777	28 598	27 693	27	
PILARS2000 883	269990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0	
PILARR17779990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	01163	11074	11025	1	
PILARR17801172	11259	1 977	11430	21190	5 946	51167	61173	71259	7 696	7	
PILARR17901032	71139	81123	8 830	81034	8 915	81110	8 653	91018	91347	9	
PILARR18001445	9 405	9 960	111295	111116	12 685	13 889	13 925	13 943	131123	13	
PILARR18101114	14 641	14 850	14 945	14 924	141031	141120	141175	15 877	15 626	15	
PILARR18201032	16 915	16 948	161079	161249	161190	17 700	171140	17 775	191408	19	
PILARR1830 846	191114	191349	19 969	191014	191125	191373	191104	19 748	191140	19	
PILARR1840 955	201193	201060	201154	201201	201204	201078	201152	211278	21 543	21	
PILARR18501117	21 823	221069	24 835	25 712	251158	261143	26 829	271062	27 906	27	
PILARR1860 719	271250	27 583	28 845	271167	281031	28 948	28 932	28 539	281366	28	
PILARR18701015	28 512	28 767	29 728	29 912	29 925	30 980	301034	30 873	30 663	30	
PILARR1880 586	301332	331041	331265	33 856	331295	331216	33 711	331055	331057	33	
PILARR1890 486	331081	33 925	33 635	33 784	331234	341258	34 928	34 680	341078	36	
PILARR1900 970	36 902	35 667	361067	371118	371390	371373	37 767	371016	37 600	37	
PILARR19101111	371230	371351	371396	371641	371217	37 389	37 422	371326	371144	37	
PILARR1920 865	37 833	37 566	371202	371295	37 660	371581	37 840	36 841	36 445	36	
PILARR19301335	361453	35 486	35 459	351100	351151	351130	351135	35 721	35 853	35	
PILARR19401049	351257	32 909	32 973	321079	32 861	321318	321257	32 937	321255	32	
PILARR19501053	321206	32 898	32 849	32 885	32 808	32 989	32 682	321124	321295	32	
PILARR1960 889	32 883	31 641	311204	311178	311209	311519	311083	311107	31 802	31	
PILARR1970 934	31 705	31 964	31 954	31 542	31 656	311055	30 960	301151	30 991	30	
PILARR1980 757	301433	30 901	301071	30 964	301354	301241	301559	30 873	29 304	29	
PILARR19901307	29 630	291299	29 981	291035	29 693	28 642	281887	28 526	27 706	27	
PILARR2000 925	269990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0	
PILARA17769990	09990	09990	09990	09990	09990	0 822	11125	11101	11047	1	
PILARA17801181	11298	11041	11439	21284	51007	51169	61209	71303	7 761	7	
PILARA1790 981	71135	81151	8 862	81004	8 916	81092	8 673	9 948	91336	9	
PILARA18001516	9 515	9 856	111265	111173	12 722	13 830	13 889	13 919	131106	13	
PILARA18101136	14 670	14 780	14 898	14 902	141010	141123	141202	15 920	15 609	15	
PILARA1820 948	16 903	16 927	161064	161263	161247	17 753	171088	17 794	191364	19	
PILARA1830 924	191097	191370	191048	191025	191130	191401	191189	19 788	191095	19	
PILARA1840 975	201187	201100	201176	201238	201255	201132	201180	211316	21 611	21	

PILARA18501034 21 831 221033 24 842 25 678 251089 261162 26 863 271032 27 913 27
PILARA1860 700 271186 27 623 28 765 271116 281055 28 960 28 924 28 523 281264 28
PILARA18701072 28 527 28 666 29 657 29 838 29 890 30 957 301025 30 878 30 637 30
PILARA1880 509 301228 331089 331284 33 917 331277 331275 33 770 331005 331058 33
PILARA1890 499 33 974 33 919 33 618 33 702 331170 341294 34 991 34 678 341009 36
PILARA1900 972 36 896 35 644 36 991 371116 371415 371461 37 865 37 987 37 597 37
PILARA19101025 371236 371402 371482 371744 371376 37 470 37 309 371178 371182 37
PILARA1920 904 37 812 37 526 371101 371316 37 728 371523 37 952 36 831 36 409 36
PILARA19301209 361498 35 592 35 372 35 966 351143 351161 351169 35 757 35 801 35
PILARA19401006 351258 32 965 32 966 321071 32 876 321291 321319 321005 321256 32
PILARA19501108 321229 32 946 32 837 32 850 32 776 32 941 32 669 321053 321307 32
PILARA1960 955 32 873 31 614 311122 311204 311253 311573 311205 311150 31 835 31
PILARA1970 899 31 683 31 897 31 932 31 527 31 555 31 960 30 951 301141 301022 30
PILARA1980 762 301383 30 983 301067 30 978 301350 301316 301627 301007 29 305 29
PILARA19901159 29 664 291227 291030 291041 29 702 28 579 281797 28 696 27 641 27
PILARA2000 848 269990 09990 09990 09990 09990 09990 09990 09990 09990 09990 0

Cuadro 10. Índices de ancho de anillo para las cronologías Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de madera tardía de *Pseudotsuga menziesii*, Los Pilares, Sierra de Arteaga, Saltillo, Coahuila. PIL Clave del sitio.

PIL	Std:	MADERA TARDÍA										
PIL	S17799990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0 597	3
PIL	S1780 797	3 519	41092	51011	51143	51315	51103	61080	7 917	7 909	7	
PIL	S1790 913	7 958	7 989	7 955	7 974	71081	71010	71150	71314	71310	7	
PIL	S18001244	71120	91342	91269	101573	111362	111326	111101	111016	11 831	12	
PIL	S18101005	12 850	12 759	12 679	12 748	12 915	12 709	13 836	13 730	13 778	13	
PIL	S1820 896	13 739	13 871	131028	13 933	141028	141178	141132	16 757	161084	16	
PIL	S18301006	161273	16 992	161066	161177	161258	161113	161403	17 937	171309	17	
PIL	S18401135	171090	17 986	171347	171234	171725	171338	181114	181133	18 958	18	
PIL	S1850 978	201132	201086	211040	22 921	221279	221431	231130	23 892	23 762	23	
PIL	S1860 812	24 987	24 826	24 821	25 808	25 959	25 854	25 917	25 381	251022	25	
PIL	S1870 871	25 690	26 732	26 717	26 677	27 890	27 960	271183	271249	271129	27	
PIL	S1880 667	30 976	30 967	30 954	301045	301064	301057	301032	301006	30 906	30	
PIL	S1890 652	30 762	30 670	30 586	30 772	31 828	32 918	321103	32 881	34 916	34	
PIL	S1900 648	34 914	36 777	36 919	36 973	361186	361149	361135	36 799	36 887	36	
PIL	S19101012	361051	361330	361163	361452	361188	36 737	36 847	36 937	361114	36	
PIL	S1920 931	36 871	36 786	36 891	361292	361171	361328	361128	35 871	35 453	35	
PIL	S19301037	351039	34 571	34 836	341117	341061	341153	341016	341051	34 994	34	
PIL	S19401109	341188	311284	311096	311350	311079	311112	311407	311322	311609	31	
PIL	S19501364	311212	311319	311000	311166	31 866	31 836	31 479	311083	311026	31	
PIL	S19601092	311033	30 863	30 877	301197	30 991	301304	30 960	30 935	291147	29	
PIL	S1970 934	28 518	29 642	29 867	29 520	29 714	29 648	28 685	28 976	28 880	28	
PIL	S1980 558	281022	28 899	281059	28 869	281051	28 914	281275	281045	281140	28	
PIL	S1990 996	28 988	27 991	271147	271071	27 981	261179	261190	26 796	25 674	25	
PIL	S20001173	239990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0	
PIL	R1780 927	2 851	31269	3 991	31158	41330	5 974	51113	5 876	6 932	7	
PIL	R1790 972	71043	7 949	71039	7 930	71073	7 963	71070	71254	71232	7	
PIL	R18001040	71079	71208	9 950	91486	91028	101083	11 880	111007	11 830	11	
PIL	R18101032	12 875	12 689	12 794	12 914	121072	12 782	12 985	13 811	13 922	13	
PIL	R1820 985	13 849	13 994	131089	13 942	131075	131168	141082	14 674	141165	15	
PIL	R1830 909	151288	16 910	161051	161090	161183	16 971	161305	16 759	171309	17	
PIL	R1840 976	171016	17 927	171351	171055	171585	171063	17 827	17 993	17 894	17	
PIL	R1850 927	181130	191067	20 973	20 894	211247	221236	221000	23 813	23 800	23	
PIL	R1860 989	231155	23 834	24 888	24 917	251032	25 881	25 956	25 476	251310	25	
PIL	R1870 958	25 730	25 922	26 873	26 811	261089	271078	271256	271205	271014	27	
PIL	R1880 587	271186	291003	29 941	301088	301073	301029	301044	301014	30 922	30	
PIL	R1890 701	30 931	30 793	30 805	30 990	30 992	311095	321124	32 876	32 959	33	
PIL	R1900 675	341111	34 812	351001	361080	361168	361059	361049	36 662	36 951	36	
PIL	R19101112	361045	361281	361043	361342	36 950	36 607	36 956	361033	361172	36	
PIL	R1920 855	36 897	36 870	36 995	361337	361060	361233	36 987	35 782	35 559	35	
PIL	R19301221	351076	34 593	34 994	341246	341029	341111	34 986	34 948	34 986	34	
PIL	R19401039	341022	311164	311041	311346	31 810	311031	311300	311128	311338	31	
PIL	R19501032	31 953	311170	31 829	311109	31 770	31 862	31 558	311316	311034	31	
PIL	R19601047	31 992	30 839	30 909	301248	30 963	301267	30 855	30 888	291185	29	
PIL	R1970 882	28 550	29 881	291085	29 629	29 967	29 799	28 885	281156	28 923	28	
PIL	R1980 642	281213	28 931	281085	28 862	281107	28 884	281297	28 845	281028	28	
PIL	R1990 925	281022	27 902	271149	27 964	27 948	261181	261081	26 692	25 774	25	
PIL	R20001282	239990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0	
PIL	A1780 927	2 851	31269	3 991	31158	41330	5 974	51113	5 876	6 932	7	
PIL	A1790 972	71043	7 949	71039	7 930	71073	7 963	71070	71254	71232	7	
PIL	A18001040	71079	71208	9 950	91486	91028	101083	11 880	111007	11 830	11	
PIL	A18101032	12 875	12 689	12 794	12 914	121072	12 782	12 985	13 811	13 922	13	
PIL	A1820 985	13 849	13 994	131089	13 942	131075	131168	141082	14 674	141165	15	
PIL	A1830 909	151288	16 910	161051	161090	161183	16 971	161305	16 759	171309	17	
PIL	A1840 976	171016	17 927	171351	171055	171585	171063	17 827	17 993	17 894	17	
PIL	A1850 927	181130	191067	20 973	20 894	211247	221236	221000	23 813	23 800	23	

PIL	A1860	989	231155	23	834	24	888	24	917	251032	25	881	25	956	25	476	251310	25	
PIL	A1870	958	25	730	25	922	26	873	26	811	261089	271078	271256	271205	271014	27			
PIL	A1880	587	271186	291003	29	941	301088	301073	301029	301044	301014	30	922	30					
PIL	A1890	701	30	931	30	793	30	805	30	990	30	992	311095	321124	32	876	32	959	33
PIL	A1900	675	341111	34	812	351001	361080	361168	361059	361049	36	662	36	951	36				
PIL	A19101112	361045	361281	361043	361342	36	950	36	607	36	956	361033	361172	36					
PIL	A1920	855	36	897	36	870	36	995	361337	361060	361233	36	987	35	782	35	559	35	
PIL	A19301221	351076	34	593	34	994	341246	341029	341111	34	986	34	948	34	986	34			
PIL	A19401039	341022	311164	311041	311346	31	810	311031	311300	311128	311338	31							
PIL	A19501032	31	953	311170	31	829	311109	31	770	31	862	31	558	311316	311034	31			
PIL	A19601047	31	992	30	839	30	909	301248	30	963	301267	30	855	30	888	291185	29		
PIL	A1970	882	28	550	29	881	291085	29	629	29	967	29	799	28	885	281156	28	923	28
PIL	A1980	642	281213	28	931	281085	28	862	281107	28	884	281297	28	845	281028	28			
PIL	A1990	925	281022	27	902	271149	27	964	27	948	261181	261081	26	692	25	774	25		
PIL	A20001282	239990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0			

Cuadro 11. Índices de ancho de anillo de las cronologías Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de madera temprana de *Pseudotsuga menziesii*, El Morro, Sierra de Arteaga Saltillo, Coahuila. MORR Clave del sitio.

MORR	Std:	MADERA TEMPRANA										
MORR	S18559990	09990	09990	09990	09990	0 968	1 679	1 663	1 653	1 780	1	
MORR	S1860 952	11381	2 865	21050	21083	21178	2 956	31082	3 781	31682	3	
MORR	S18701346	31052	41296	51216	51054	51006	51179	51461	51309	5 818	5	
MORR	S1880 950	51158	51008	71086	71171	71175	91258	9 949	91111	91021	9	
MORR	S1890 678	9 906	10 528	12 689	12 893	12 925	14 811	151093	161021	161097	18	
MORR	S1900 935	20 976	20 939	221114	221043	221282	221294	231187	241240	261314	26	
MORR	S19101107	261299	261287	261273	261268	27 790	27 547	27 456	271010	271120	27	
MORR	S1920 849	281222	28 890	291185	291206	29 999	301111	30 520	30 794	30 749	30	
MORR	S1930 849	301104	30 855	30 715	301129	301163	301083	301249	301017	301167	30	
MORR	S19401199	301186	301058	30 989	30 836	301022	30 985	30 789	30 784	301093	30	
MORR	S19501063	31 925	31 885	31 575	31 816	31 623	31 855	31 773	311025	311013	31	
MORR	S1960 999	31 845	31 645	31 876	311028	311046	311281	311264	311211	31 971	31	
MORR	S1970 877	31 684	31 941	31 723	31 543	31 390	30 563	30 686	30 789	30 794	30	
MORR	S1980 763	30 803	30 787	30 788	301082	301293	301252	301628	301516	30 657	30	
MORR	S19901385	30 883	301355	301177	301302	301216	29 927	291759	29 769	28 901	27	
MORR	S2000 751	269990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0	
MORR	R18579990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0 807	1 855	1 989	1	
MORR	R18601108	11415	11096	1 935	11047	21186	2 714	2 992	2 832	31799	3	
MORR	R18701048	3 890	31319	31101	5 947	5 993	51106	51433	51054	5 579	5	
MORR	R1880 907	51217	5 980	51064	61088	71051	71065	7 795	91084	9 989	9	
MORR	R1890 641	91108	9 661	9 928	111083	121044	12 865	121181	141032	161092	16	
MORR	R1900 912	17 981	19 976	201144	21 994	221228	221155	221013	221097	221136	26	
MORR	R1910 913	261195	261138	261088	261120	26 613	26 600	27 674	271307	271205	27	
MORR	R1920 728	271235	27 807	271183	281123	29 863	291070	29 478	301023	30 892	30	
MORR	R1930 988	301197	30 815	30 756	301256	301151	30 982	301176	30 902	301103	30	
MORR	R19401124	301064	30 942	30 936	30 819	301083	301005	30 792	30 873	301218	30	
MORR	R19501048	30 897	31 914	31 642	311024	31 775	311032	31 918	311126	311028	31	
MORR	R1960 989	31 873	31 734	311037	311151	311066	311244	311136	311037	31 853	31	
MORR	R1970 838	31 746	311089	31 798	31 667	31 637	30 907	30 986	30 963	30 942	30	
MORR	R1980 906	30 965	30 920	30 910	301185	301285	301110	301458	301200	30 305	30	
MORR	R19901411	30 815	301307	301057	301129	301063	29 749	291740	29 497	28 805	27	
MORR	R2000 887	269990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0	
MORR	A18559990	09990	09990	09990	09990	0 968	1 679	1 694	1 672	1 802	1	
MORR	A1860 958	11350	11199	11092	11129	21252	2 830	21002	2 788	31731	3	
MORR	A18701231	31156	31430	31282	51151	51116	51184	51523	51272	5 804	5	
MORR	A1880 915	51138	51002	51101	61122	71117	71135	7 870	91076	9 979	9	
MORR	A1890 654	9 990	9 568	9 785	11 901	12 956	12 825	121112	141023	161129	16	
MORR	A1900 960	171002	19 966	201134	211028	221272	221251	221166	221217	221250	26	
MORR	A19101051	261277	261241	261238	261260	26 760	26 590	27 478	271030	271078	27	
MORR	A1920 761	271178	27 802	271165	281125	29 947	291086	29 492	30 880	30 720	30	
MORR	A1930 866	301080	30 806	30 714	301112	301113	301048	301221	30 987	301157	30	
MORR	A19401171	301161	301039	30 991	30 826	301024	30 967	30 788	30 795	301096	30	
MORR	A19501026	30 931	31 898	31 591	31 865	31 624	31 874	31 779	311021	31 977	31	
MORR	A1960 987	31 863	31 686	31 899	311036	311051	311270	311237	311185	31 975	31	
MORR	A1970 878	31 699	31 959	31 706	31 561	31 418	30 603	30 705	30 763	30 788	30	
MORR	A1980 775	30 837	30 809	30 806	301072	301258	301213	301595	301450	30 606	30	
MORR	A19901401	30 842	301360	301134	301266	301184	29 879	291749	29 709	28 906	27	
MORR	A2000 780	269990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0	

Cuadro 12. Índices de ancho de anillo de las cronologías Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de madera tardía de *Pseudotsuga menziesii*, El Morro, Sierra de Arteaga Saltillo, Coahuila. MORLW Clave del sitio, (MOR) Morro y (LW) madera tardía.

MORLW Std: MADERA TARDÍA																				
MORLWS18559990	09990	09990	09990	09990	0	209	1	523	1	440	1	534	13139	1						
MORLWS1860	548	1	783	2	551	2	707	2	796	2	661	2	760	3	991	32370	31163	3		
MORLWS18701297	31000	4	926	5	1196	5	1251	5	1180	5	961	5	808	5	1027	5	734	5		
MORLWS1880	918	5	1612	5	931	7	985	7	764	7	996	9	1121	9	1017	9	965	9	843	9
MORLWS1890	804	9	937	10	549	12	692	12	686	12	803	14	1022	15	1193	16	1032	16	1055	18
MORLWS19001034	201257	20	1257	20	1279	22	1054	22	976	22	1189	22	1199	23	1307	24	1245	26	1388	26
MORLWS19101270	261138	26	1138	26	1159	26	926	26	933	27	1106	27	889	27	957	27	884	27	1009	27
MORLWS1920	963	28	1030	28	1113	29	1101	29	1075	29	1063	30	862	30	855	30	810	30	817	30
MORLWS1930	760	30	702	30	1034	30	1136	30	1220	30	1103	30	1227	30	1207	30	1195	30	1305	30
MORLWS19401173	301039	30	1039	30	1211	30	1110	30	1235	30	1205	30	1003	30	962	30	1005	30	1048	30
MORLWS1950	927	30	915	30	841	30	584	30	805	30	761	30	821	30	506	30	1031	30	1008	30
MORLWS19601146	301041	30	1041	30	1024	30	891	30	1150	30	977	30	1219	30	1373	30	860	30	976	30
MORLWS1970	731	30	763	30	769	30	680	30	511	30	427	29	453	29	559	29	745	29	735	29
MORLWS1980	477	29	903	29	878	29	764	29	953	29	1161	29	1046	29	1530	29	1348	29	1019	29
MORLWS19901070	291045	29	1045	29	1046	29	1168	29	1255	29	1810	28	1686	28	1371	28	1083	27	1011	26
MORLWS2000	900	25	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	0
MORLWR18579990	09990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	0	681	1	847	1	389	1
MORLWR1860-781	11003	1	712	1	730	1	1010	2	793	2	949	2	1503	2	1711	3	501	3		
MORLWR18701075	31099	3	894	3	1061	5	1158	5	959	5	757	5	830	5	1136	5	782	5		
MORLWR1880	983	5	1585	5	810	5	1179	5	828	5	1161	7	1054	9	964	9	921	9	955	9
MORLWR1890	865	9	1002	9	709	9	980	12	878	12	939	12	1158	13	1208	14	900	15	1023	16
MORLWR19001059	171226	19	1133	20	879	20	931	22	1195	22	1125	22	1172	23	972	23	972	24	1224	26
MORLWR1910	986	26	993	26	1032	26	844	26	996	26	1085	26	838	27	1026	27	934	27	1070	27
MORLWR1920	952	27	1072	28	1031	28	987	28	1028	29	979	29	829	30	940	30	902	30	942	30
MORLWR1930	875	30	858	30	1210	30	1128	30	1109	30	957	30	1189	30	1064	30	1063	30	1184	30
MORLWR1940	951	30	941	30	1177	30	961	30	1174	30	1030	30	873	30	961	30	1038	30	1053	30
MORLWR1950	899	30	971	30	830	30	678	30	1075	30	884	30	983	30	638	30	1340	30	997	30
MORLWR19601182	30	921	30	1033	30	851	30	1135	30	901	30	1172	30	1265	30	624	30	1043	30	
MORLWR1970	753	30	952	30	946	30	820	30	729	30	757	29	846	29	924	29	1008	29	907	29
MORLWR1980	688	29	1242	29	971	29	855	29	1099	29	1188	29	969	29	1488	29	970	29	793	29
MORLWR19901021	291004	29	999	29	1107	29	1142	29	1623	28	1116	28	922	28	863	27	982	26		
MORLWR2000	907	25	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	0
MORLWA18559990	09990	09	9990	09	9990	09	9990	09	523	1	440	1	273	1	325	1	2880	1		
MORLWA1860	317	1	798	1	504	1	395	1	572	2	453	2	555	2	1160	2	1758	3	995	3
MORLWA18701162	31200	3	1038	3	1108	5	1230	5	1116	5	857	5	754	5	964	5	730	5		
MORLWA1880	809	5	1433	5	1058	5	1267	5	1002	5	1193	7	1175	9	1097	9	1003	9	969	9
MORLWA1890	845	9	902	9	629	9	736	12	669	12	700	12	931	13	1129	14	973	15	1021	16
MORLWA19001069	171272	19	1312	20	1107	20	1035	22	1230	22	1273	22	1370	22	1370	23	1236	24	1416	26
MORLWA19101275	261214	26	1199	26	994	26	1016	26	1094	26	898	27	973	27	905	27	1007	27		
MORLWA1920	945	27	1039	28	1049	28	1022	28	1047	29	1011	29	842	30	843	30	784	30	788	30
MORLWA1930	717	30	656	30	961	30	1063	30	1144	30	1055	30	1240	30	1221	30	1230	30	1355	30
MORLWA19401201	301109	30	1269	30	1142	30	1294	30	1231	30	1053	30	1021	30	1058	30	1091	30		
MORLWA1950	963	30	959	30	800	30	547	30	767	30	684	30	757	30	449	30	966	30	911	30
MORLWA19601123	30	987	30	1040	30	875	30	1061	30	924	30	1132	30	1339	30	852	30	991	30	
MORLWA1970	730	30	781	30	777	30	654	30	486	30	394	29	405	29	480	29	612	29	602	29
MORLWA1980	392	29	814	29	783	29	697	29	884	29	1080	29	1005	29	1501	29	1284	29	1030	29
MORLWA19901074	291054	29	1041	29	1140	29	1234	29	1786	28	1637	28	1415	28	1198	27	1155	26		
MORLWA20001028	259990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	09	9990	0

Cuadro 13. Índices de ancho de anillo de las cronologías Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de madera temprana de *Pseudotsuga menziesii*, El Tarillal, Sierra de Arteaga Saltillo, Coahuila. TARI Clave del sitio.

TARI Std: MADERA TEMPRANA

TARI S18729990	09990	0 705	11041	1 816	2 597	2 818	21220	2 469	2 710	2
TARI S1880 296	21548	21326	21425	2 655	32292	31391	31192	41531	41132	5
TARI S1890 774	51592	7 665	7 644	7 579	71513	7 793	71661	7 534	7 742	7
TARI S19001038	7 874	7 442	71434	7 708	71774	71459	8 589	8 893	9 768	9
TARI S1910 847	91229	91036	91424	92294	101545	10 280	10 577	101069	101342	11
TARI S19201338	121291	131116	131607	131484	13 821	132273	13 938	13 913	14 394	15
TARI S19301279	161599	17 432	22 707	221224	23 878	241080	25 832	26 499	27 677	28
TARI S1940 963	291481	29 859	291643	291146	29 866	291198	29 677	29 741	30 897	31
TARI S1950 542	321065	321186	32 431	31 732	31 727	311076	31 516	31 623	31 976	32
TARI S1960 496	32 652	32 665	32 899	32 963	321085	321746	321356	321861	32 613	32
TARI S19701077	32 902	32 693	32 635	32 296	32 254	32 840	32 941	32 864	321105	32
TARI S1980 350	321021	32 494	32 580	32 438	321419	321206	322109	32 754	32 481	32
TARI S19901932	32 780	321659	32 911	321181	32 742	31 783	311974	31 610	31 734	28
TARI S2000 889	259990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
TARI R18739990	09990	09990	01080	11239	1 531	11129	11134	1 446	11229	1
TARI R1880 376	21781	21318	21567	2 612	22267	3 803	31143	31454	31133	4
TARI R1890 629	41371	5 534	5 593	6 580	61604	7 936	71608	7 437	7 706	7
TARI R1900 952	7 945	7 535	71583	7 723	71786	71429	7 486	7 828	8 864	9
TARI R1910 888	91336	91019	91338	92050	91197	10 88	10 513	101094	101334	10
TARI R19201340	101298	111031	121531	131346	13 623	132120	13 791	13 789	13 413	14
TARI R19301371	141502	15 280	17 698	181313	20 896	231013	23 847	25 478	25 702	26
TARI R19401064	271499	28 783	291567	291034	29 727	291149	29 672	29 759	29 991	30
TARI R1950 602	311153	321232	32 427	31 821	31 874	311193	31 541	31 715	311111	31
TARI R1960 555	32 752	32 780	321013	321018	321120	321744	321233	321669	32 414	32
TARI R1970 993	32 906	32 698	32 714	32 414	32 440	321066	321104	32 929	321136	32
TARI R1980 373	321146	32 577	32 680	32 597	321579	321217	322040	32 590	32 325	32
TARI R19901961	32 692	321546	32 882	321047	32 651	31 755	312022	31 484	31 661	28
TARI R2000 954	259990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
TARI A18739990	09990	09990	01080	11239	1 531	11129	11134	1 446	11229	1
TARI A1880 376	21781	21318	21567	2 612	22267	3 803	31143	31454	31133	4
TARI A1890 629	41371	5 534	5 593	6 580	61604	7 936	71608	7 437	7 706	7
TARI A1900 952	7 945	7 535	71583	7 723	71786	71429	7 486	7 828	8 864	9
TARI A1910 888	91336	91019	91338	92050	91197	10 88	10 513	101094	101334	10
TARI A19201340	101298	111031	121531	131346	13 623	132120	13 791	13 789	13 413	14
TARI A19301371	141502	15 280	17 698	181313	20 896	231013	23 847	25 478	25 702	26
TARI A19401064	271499	28 783	291567	291034	29 727	291149	29 672	29 759	29 991	30
TARI A1950 602	311153	321232	32 427	31 821	31 874	311193	31 541	31 715	311111	31
TARI A1960 555	32 752	32 780	321013	321018	321120	321744	321233	321669	32 414	32
TARI A1970 993	32 906	32 698	32 714	32 414	32 440	321066	321104	32 929	321136	32
TARI A1980 373	321146	32 577	32 680	32 597	321579	321217	322040	32 590	32 325	32
TARI A19901961	32 692	321546	32 882	321047	32 651	31 755	312022	31 484	31 661	28
TARI A2000 954	259990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0

Cuadro 14. Índices de ancho de anillo de las cronologías Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de madera tardía de *Pseudotsuga menziesii*, El Tarillal, Sierra de Arteaga Saltillo, Coahuila. TARLW Clave del sitio, (TAR) Tarillal y (LW) madera tardía.

TARLW Std: MADERA TARDÍA										
TARLWS18729990	09990	01273	11205	1 664	21002	21133	2 919	2 897	21198	2
TARLWS1880 695	21042	2 711	2 772	21039	31190	31123	3 862	41258	4 622	5
TARLWS1890 483	5 739	7 489	7 967	71142	71160	7 858	71068	71164	7 894	7
TARLWS19001589	71635	71278	71300	7 904	71519	71283	71147	71349	8 510	8
TARLWS19101058	8 769	81535	81505	81178	9 657	9 733	9 485	9 939	91390	10
TARLWS19201086	111029	12 784	121276	12 674	121457	121706	121115	12 617	13 444	14
TARLWS19301024	151101	16 971	201063	201069	211182	221055	23 963	23 967	23 925	23
TARLWS19401039	241569	241460	241398	241493	24 786	241106	24 885	241011	251335	26
TARLWS1950 950	27 797	27 762	27 442	26 832	26 561	26 779	26 305	26 697	26 790	27
TARLWS1960 719	27 723	27 442	27 841	271473	271173	271340	271379	271450	27 957	27
TARLWS19701381	27 551	271035	271061	27 205	27 390	27 491	27 812	27 990	271051	27
TARLWS1980 592	27 663	27 296	27 763	27 953	271224	271002	272084	271647	27 572	27
TARLWS19901189	27 786	27 945	27 953	271291	27 831	261094	261971	26 669	261041	23
TARLWS20001136	219990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
TARLWR18739990	09990	09990	01102	11060	1 846	1 835	1 881	1 765	21205	2
TARLWR1880 659	21087	2 762	21018	21123	21620	2 946	2 857	31297	4 593	4
TARLWR1890 559	4 937	5 628	61209	71264	71159	7 766	71096	71169	7 818	7
TARLWR19001590	71453	71033	71180	7 820	71535	71019	71110	71325	7 391	7
TARLWR19101132	8 747	81578	81309	81056	8 515	9 790	9 747	91184	91433	9
TARLWR1920 952	91043	10 746	111384	12 590	121492	121579	12 631	12 557	12 550	13
TARLWR19301314	131144	15 909	161049	191056	191035	20 994	21 919	22 950	23 935	23
TARLWR19401070	231463	241204	241187	241255	24 535	241140	24 886	241061	241357	24
TARLWR1950 860	26 790	26 839	26 620	261045	26 723	26 967	26 434	26 989	26 993	26
TARLWR1960 848	27 839	27 570	271078	271567	271036	271248	271226	271277	27 784	27
TARLWR19701370	27 467	271170	271091	27 226	27 715	27 775	271077	271081	271019	27
TARLWR1980 607	27 837	27 477	271019	271108	271307	27 832	272002	271271	27 228	27
TARLWR19901290	27 797	271025	27 990	271301	27 719	26 959	261853	26 341	261020	23
TARLWR20001097	219990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0
TARLWA18719990	01273	11205	11201	11148	1 918	1 833	1 821	1 689	21089	2
TARLWA1880 639	2 997	2 708	2 934	21061	21628	21134	2 988	31314	4 681	4
TARLWA1890 514	4 751	5 485	61025	71196	71219	7 858	71088	71173	7 881	7
TARLWA19001581	71603	71291	71352	7 964	71576	71179	71246	71421	7 548	7
TARLWA19101064	8 699	81501	81408	81247	8 645	9 725	9 616	91033	91386	9
TARLWA19201068	91119	10 790	111342	12 657	121444	121656	12 885	12 620	12 424	13
TARLWA19301093	131086	15 947	161047	191062	191060	201021	21 934	22 934	23 906	23
TARLWA19401034	231459	241340	241352	241406	24 703	241115	24 875	241042	241351	24
TARLWA1950 967	26 832	26 786	26 534	26 880	26 620	26 841	26 333	26 774	26 830	26
TARLWA1960 766	27 748	27 463	27 887	271456	271150	271358	271351	271430	27 958	27
TARLWA19701421	27 581	271112	271061	27 261	27 512	27 526	27 869	27 974	27 993	27
TARLWA1980 601	27 722	27 338	27 788	27 950	271262	27 900	272011	271546	27 533	27
TARLWA19901236	27 796	271001	27 961	271289	27 796	26 943	261807	26 564	261014	23
TARLWA20001037	219990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	09990	0

Cronología estándar, madera temprana Sierra la Vega

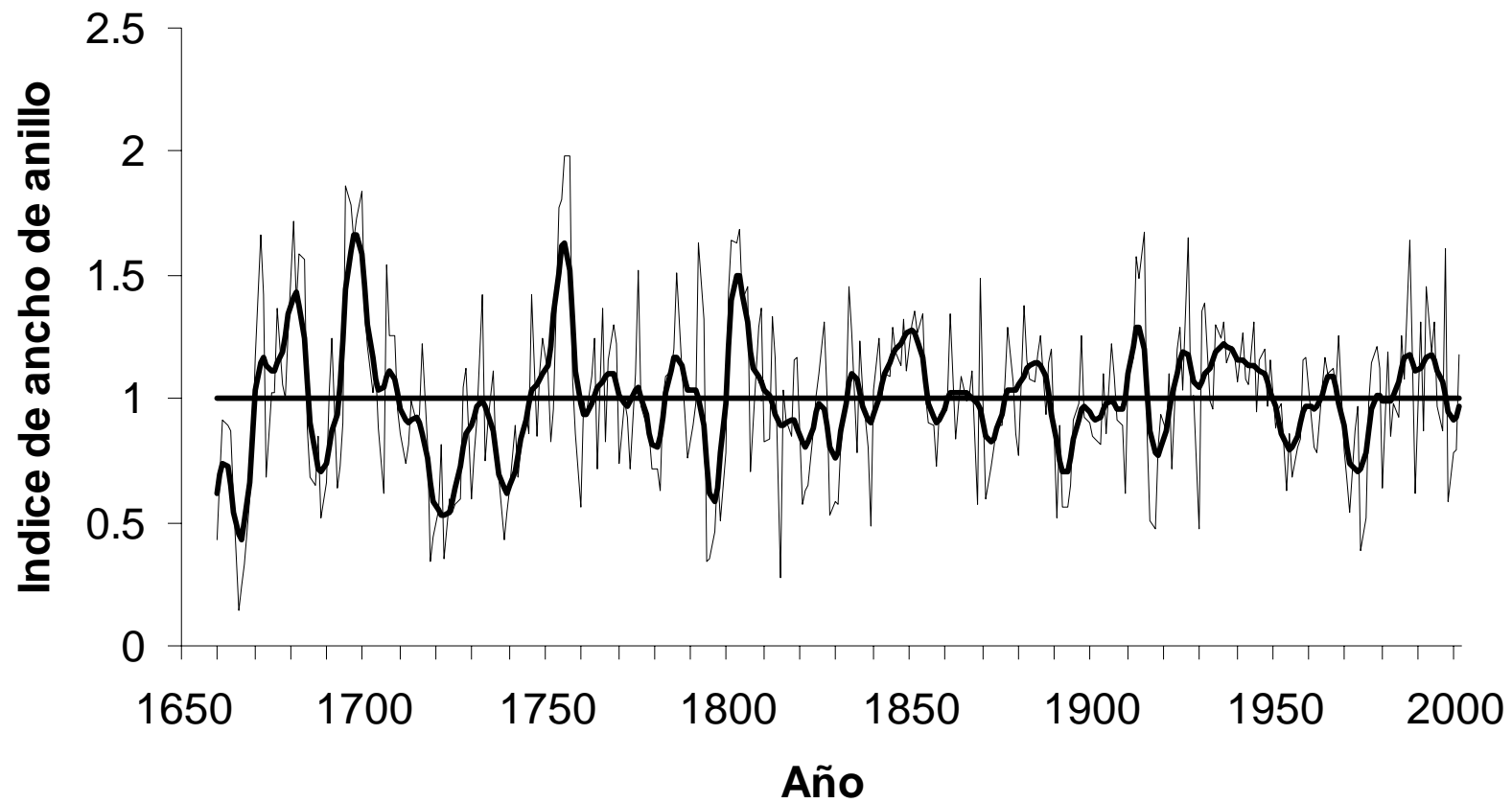


Figura 1.

Cronología estándar, madera temprana Sierra el Coahuilón

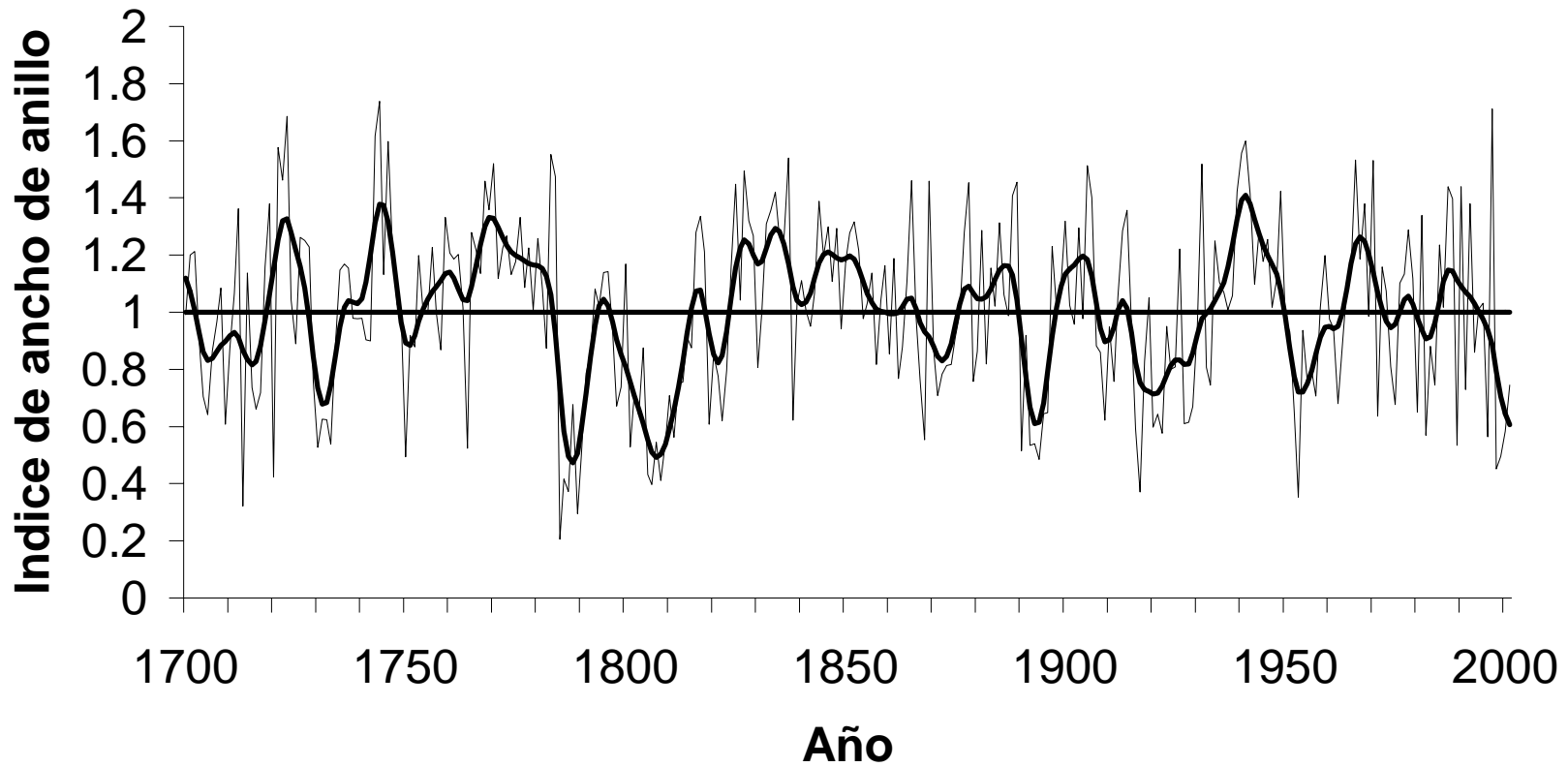


Figura 2.

CRonología estándar, madera temprana Los Pilares

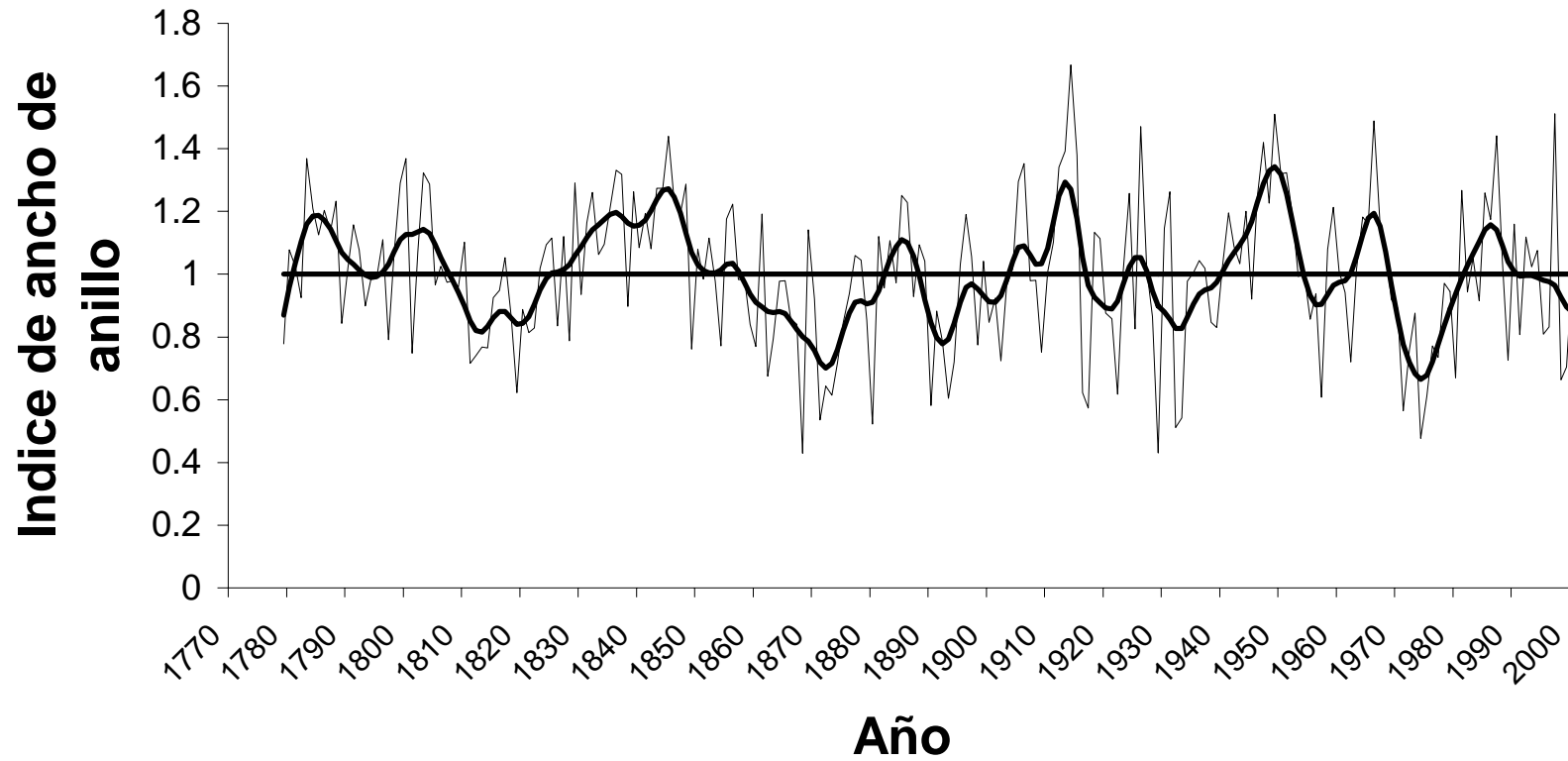


Figura 3.

Cronología estándar, madera temprana El Morro

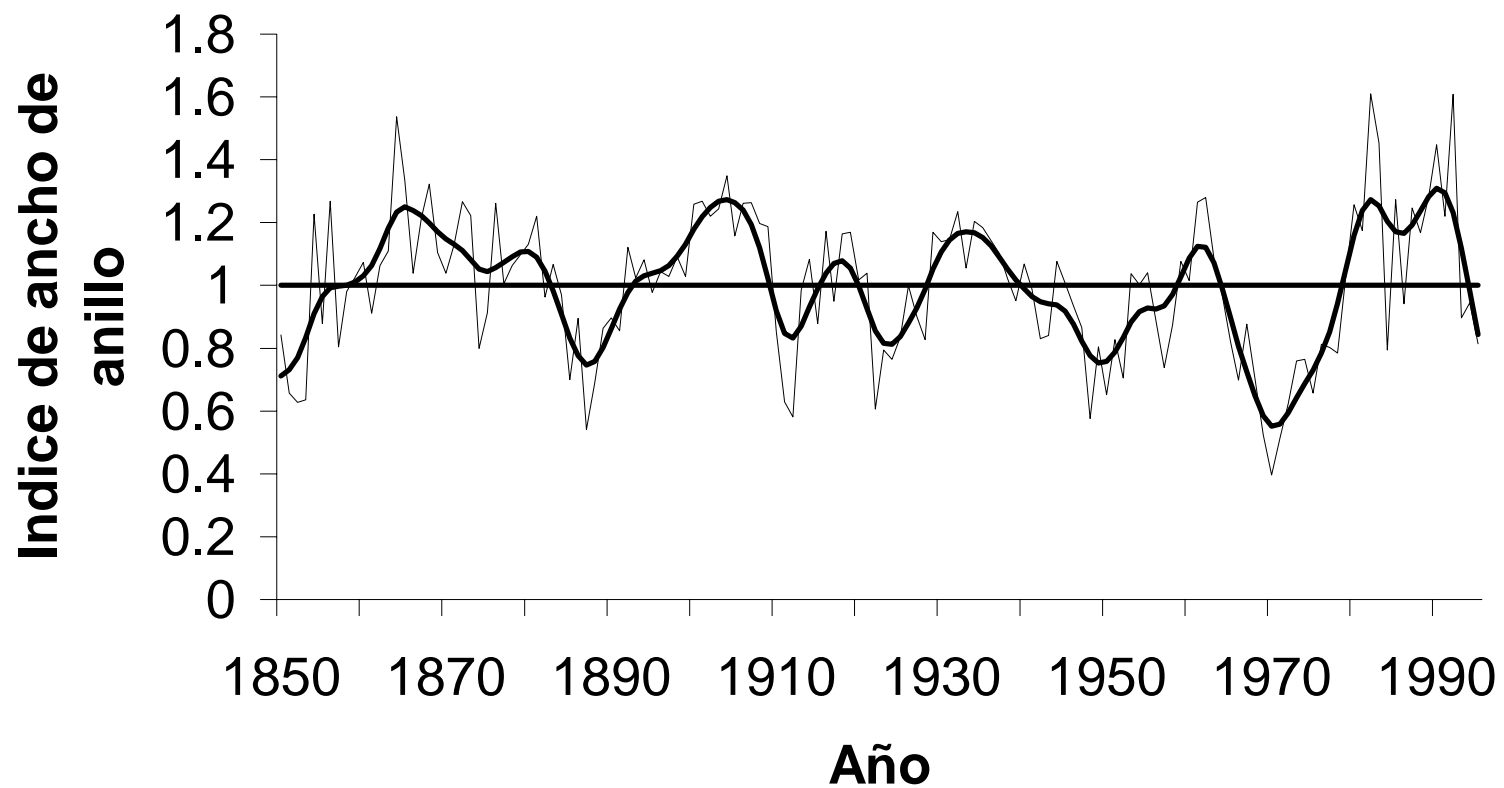


Figura 4.

Cronología estándar, madera temprana El Tarillal

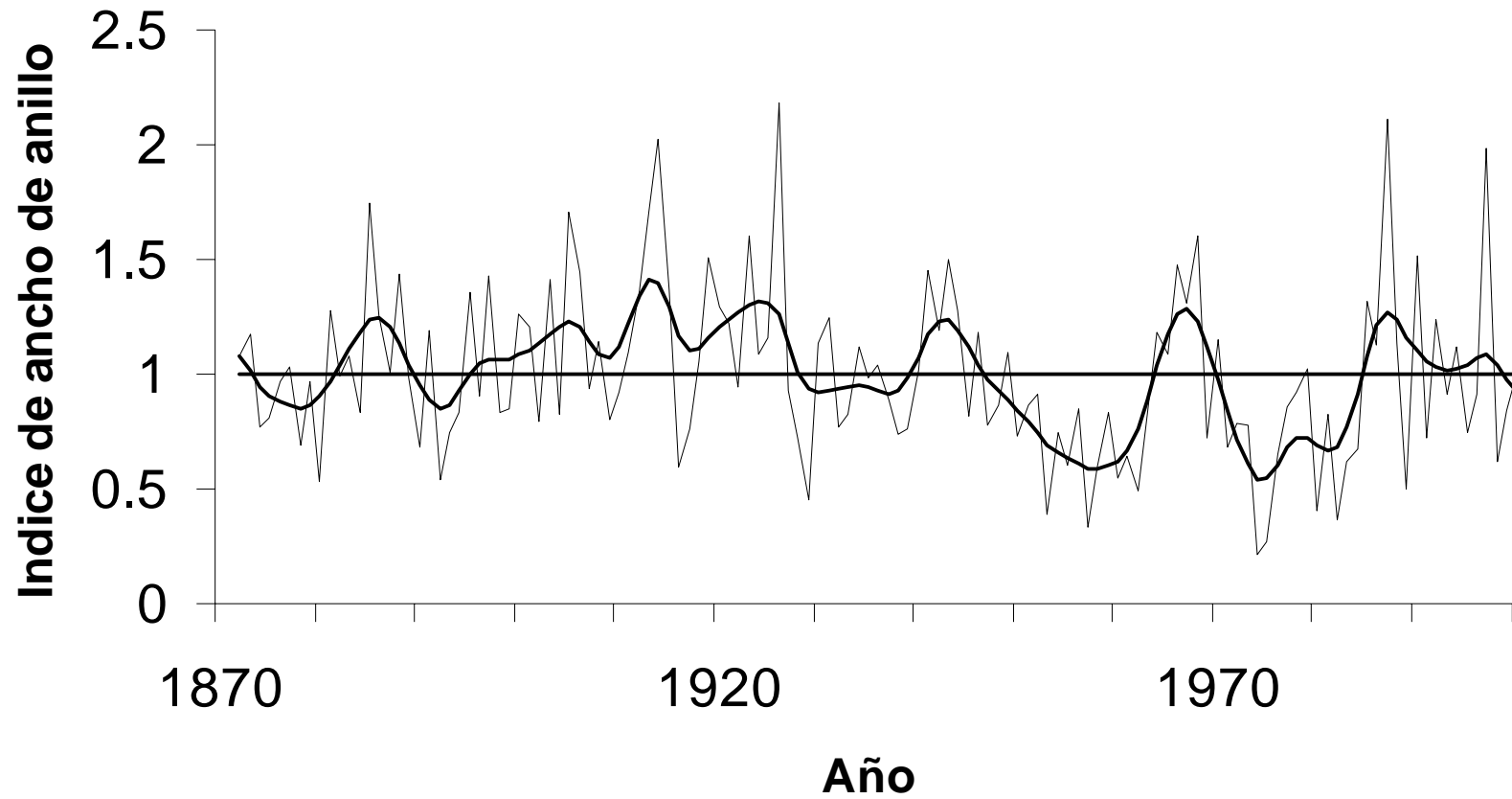


Figura 5.

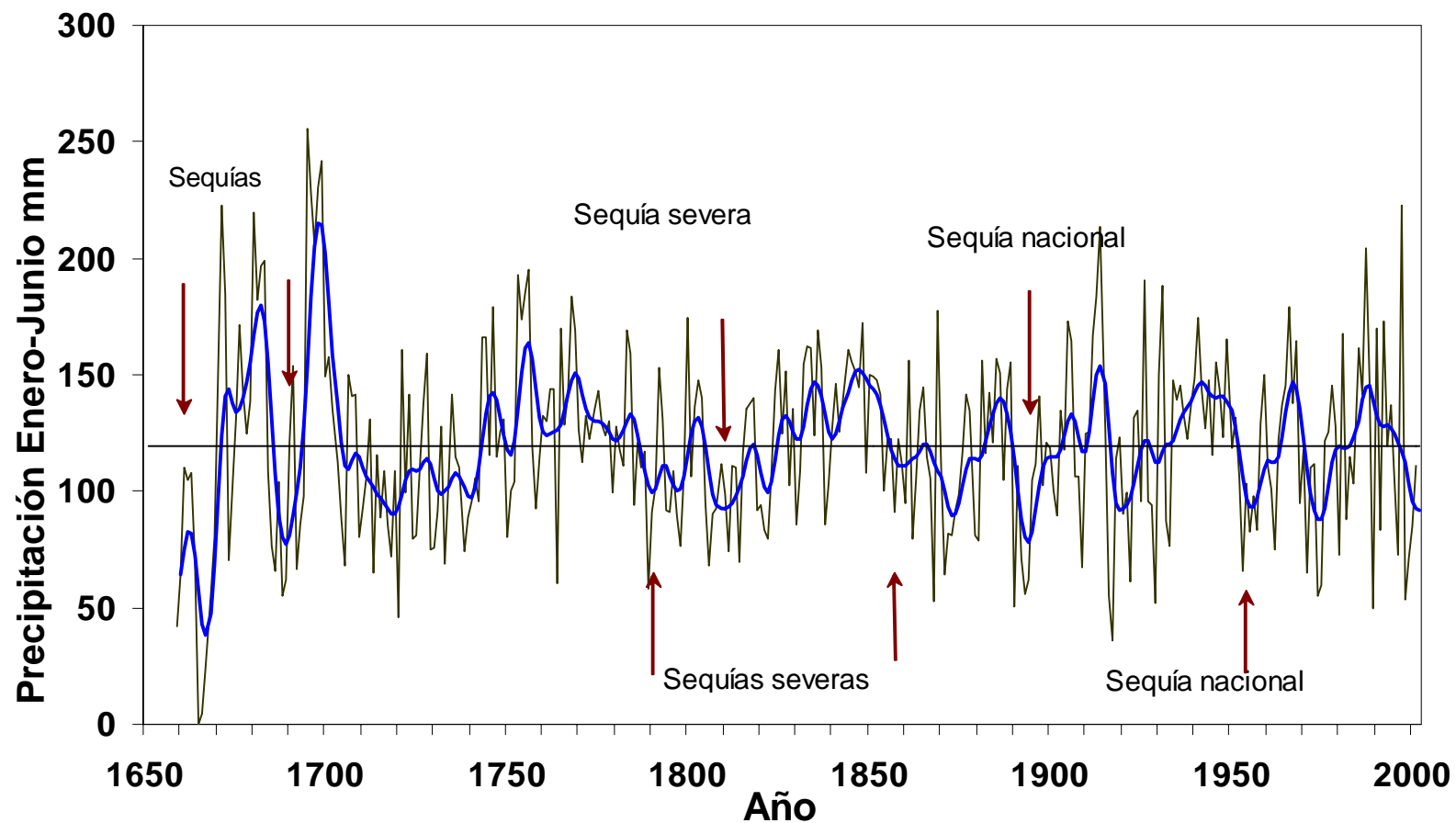


Figura 6. Reconstrucción de la precipitación invierno-primavera (enero-junio) para Saltillo, Coahuila, utilizando como “proxy” los índices de una cronología regional de madera temprana en Sierra de Arteaga, Coah. La línea flexible representa una curva suavizada, que resalta eventos de baja frecuencia ocurridos a lo largo de la reconstrucción, con un promedio de 119.6 mm y una desviación estándar de 39.5 mm.

