



"Enseñar la Explotación de la
Tierra No la del Hombre"

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ARIDAS

ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LOS SABINOS (*Taxodium mucronatum* TEN.) Y SU POTENCIAL DENDROCLIMATICO EN LA PARTE BAJA DEL RÍO NAZAS

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES
Y MEDIO AMBIENTE EN ZONAS ARIDAS

PRESENTA:

ROQUE MORAN MARTINEZ

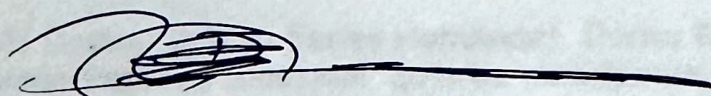
Octubre, 2008
Bermejillo, Durango.



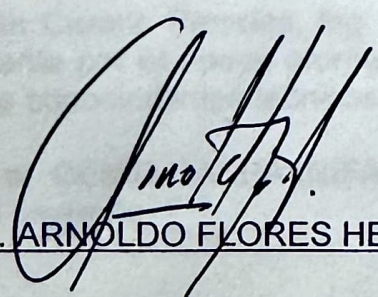
**ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LOS SABINOS (*Taxodium mucronatum*
TEN.) Y SU POTENCIAL DENDROCLIMATICO EN LA PARTE BAJA
DEL RÍO NAZAS**

Tesis realizada por **Roque Morán Martínez** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

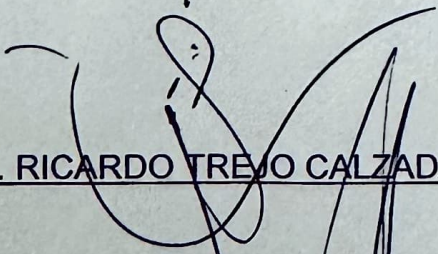
**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES
Y MEDIO AMBIENTE EN ZONAS ARIDAS.**



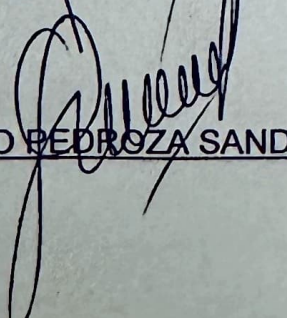
DIRECTOR: DR. JOSÉ VILLANUEVA DIAZ



ASESOR: DR. ARNOLDO FLORES HERNANDEZ



ASESOR: DR. RICARDO TREJO CALZADA



ASESOR: DR. AURELIO PEDROZA SANDOVAL

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, en específico a la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, por la gran oportunidad que me brindó de formarme profesionalmente. . . mil gracias.

Al proyecto “Bosques Centenarios del centro-norte de México y su potencial para estudios dendroclimáticos y ecológicos (CONAFOR-2002-C01-5037)” así como al Instituto Interamericano para Investigación del Cambio Climático (IAI) a través del proyecto “CRN # 2047” financiado por el US/Nacional Science Foundation (Grant GEO-0452325)”

Al Doctor José Villanueva Díaz quien participó como director de la Investigación y especialista en Dendrocronología, proporcionando a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, material y equipo necesario, así como por la asesoría brindada en las diferentes etapas del desarrollo de este trabajo.

Al Doctor Arnoldo Flores Hernández, Doctor Ricardo Trejo Calzada y Doctor Aurelio Pedroza Sandoval, quienes participaron como asesores y revisores de esta investigación aportando sus valiosos conocimientos.

Al MC. Julián Cerano Paredes, Ing. Luis Enrique Montes así como a la Ing. Vicenta Constante por el apoyo otorgado en campo así como en la aportación de sus valiosos conocimientos técnicos.

En general al CENID-RASPA-INIFAP, por las facilidades brindadas en la realización del presente.

DEDICATORIA

Antes que nada a dios padre por haberme permitido llegar hasta aquí.

A mi esposa Maribel, y a mi hijo Antonio, por darme amor, comprensión y animo en los momentos más difíciles, y más que nada por darme la dicha de ser Papa del bebe más lindo del mundo. Los AMO.

A mis padres (Alfonso e Hilaria), hermanos (Gumersindo, Rafael, Bonifacio, Maximino y Magdalena), tíos y tías por ese amor incondicional que me han brindado.

A las familias Salas Cortinas y Rubio Hurtado por haberme permitido ser parte de la familia.

A todos mis primos, familiares y amigos que escapan a mi memoria, están presentes en este trabajo.

DATOS BIOGRAFICOS.

El autor de la presente investigación Roque Morán Martínez, realizó sus estudios de licenciatura en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA) perteneciente la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) durante el periodo 1996–2001, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo especialista en sistemas agrícolas de zonas áridas, con la tesis titulada: Interacción Agua-Nutrientes en Tres Sistemas de Producción en Sandía *Citrullus lanatus* (Thumb.) con Riego por Cintilla y Acolchado Plástico.

Durante el periodo 2003-2004 realizó los estudios de maestría en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA) perteneciente la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

Durante el periodo 2005-2006 fungió como asistente técnico en el Laboratorio Nacional de Dendrocronología, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, ubicado en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID-RASPA), Gómez Palacio, Durango.

Actualmente labora en la empresa PAVILSA (Pavimentos de la Laguna S.A) involucrado en evaluar el impacto ambiental y ecológico producto de la construcción de vialidades.

ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LOS SABINOS (*Taxodium mucronatum* TEN.) Y SU POTENCIAL DENDROCLIMATICO EN LA PARTE BAJA DEL RÍO NAZAS

POPULATIONAL STRUCTURE OF MONTEZUMA BALDCYPRESSES (*Taxodium mucronatum*) AND THEIR CLIMATIC POTENTIAL IN THE LOWER PART OF THE NAZAS RIVER

Roque Morán Martínez¹, José Villanueva Díaz²

RESUMEN

Con la finalidad de contribuir a la implementación de programas de manejo y conservación del parque estatal "Cañón de Fernández" así como para apoyar la toma de decisiones en el aprovechamiento del agua en la Comarca Lagunera, se realizó el presente estudio que consistió en evaluar la estructura poblacional del sabino (edad, diámetro de fuste y altura), así como generar una serie dendrocronológica de anillos de crecimiento para reconstrucción de precipitación estacional y flujo hídrico. La distribución de edades fue similar para ambos márgenes del río ($p > 0.05$) y solo se detectó 1.3% de árboles milenarios. La cronología correlacionó ($r = 0.83$ y 0.94 ; $p < 0.0001$) con precipitación de verano (julio-septiembre) y con el escurrimiento de otoño-invierno (agosto-febrero), respectivamente. De esta manera se desarrolló la reconstrucción para el periodo 1500-2003 (504 años). Estas reconstrucciones indican alta variabilidad interanual y multianual en el tiempo. Dicha información permitirá el desarrollo de planes de manejo hídrico en esta región.

Palabras clave: conservación, precipitación, flujo hídrico, cronología de anillos de árboles, reconstrucción.

ABSTRACT

With the objective of contributing to the implementation of management and conservation programs for the state park "Canon de Fernandez," as well as supporting the decision-making process in the use of water in La Laguna, this study was carried out. It consisted of evaluating the populational structure of the Montezuma Baldcypress (age, shaft diameter, height) and generating a dendrochronological tree-ring series to reconstruct seasonal precipitation and streamflow. Age distribution was similar for both sides of the river ($p > 0.05$), and millennial trees were found to represent 1.3% of the whole population. Chronology correlated ($r = 0.83$ and 0.94 ; $p < 0.0001$) with summer precipitation (July-September) and with fall-winter streamflow (August-February). Using this method, reconstruction was developed for the period 1500-2003 (504 years). These reconstructions indicated high interannual and multiannual variability over time. This information should be taken into consideration when developing water management plans for this region.

Key words: conservation, precipitation, streamflow, tree-ring chronologies, reconstruction

¹ Tesista

² Director

CONTENIDO

	Pagina
I. INTRODUCCION	1
II.- JUSTIFICACIÓN.....	6
III.- OBJETIVOS E HIPOTESIS	8
3.1. Objetivo General.....	8
3.2. Objetivos Específicos.....	8
3.3. Hipótesis	9
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	10
4.1. Bosques de galeria o áreas riparias	10
4.2 Características generales de los sabinos o ahuehuetes.....	11
4.2.1. Descripción.....	11
4.2.2. Hábitat.....	12
4.2.3. Manejo	12
4.2.4. Longevidad.....	12
4.3. Indicadores paleoclimáticos.....	12
4.4. La dendrocronología como una herramienta de análisis	13
4.4.1. Definición	13
4.4.2. Antecedentes históricos de la dendrocronología	13
4.4.3. Principios dendrocronológicos	16
4.4.4. Potencial dendrocronológico	17
4.5. Trabajos estructurales y dendroclonológicos realizados	18

	Pagina
V. MATERIALES Y MÉTODOS	23
5.1. Características generales del área de estudio	23
5.1.1. Localización.....	23
5.1.2. Clima	24
5.1.3. Precipitación.....	24
5.1.4. Temperatura.....	24
5.1.5. Hidrología	24
5.1.6. Suelo	25
5.1.7. Vegetación.....	25
5.1.8. Usos diferentes del área	26
5.2. Metodología.....	27
5.2.1. Diseño de muestreo.....	27
5.2.1.1. Tamaño de la muestra	27
5.2.1.2. Variables.....	27
5.2.3. Determinación de alturas del arbolado.....	28
5.2.4. Colecta de núcleos o virutas	28
5.2.5. Preparación y montado de las muestras.....	29
5.2.6. Pulido de las muestras	30
5.2.7. Conteo de anillos.....	31
5.2.8. Estimación de edades	32
5.2.9. Densidad del arbolado.....	33
5.2.10. Estructura de la vegetación.....	34
5.3. Desarrollo de la cronología	34
5.3.1. Prefechado de las muestras.....	34
5.3.2. Medición de anillos anuales	37
5.3.3. Calidad de medición y fechado	38
5.3.4. Construcción de la cronología.....	38
5.3.5. Obtención de datos instrumentales para la generación del modelo de reconstrucción climática.	40

	Pagina
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	43
6.1. Estructura poblacional de los sabinos.....	43
6.1.1. Frecuencia de edades	44
6.1.2. Promedio de edades por transecto	49
6.1.3. Análisis de varianza entre márgenes para edad de arbolado.....	50
6.1.4. Análisis de varianza entre márgenes para altura de arbolado	50
6.1.5. Análisis de varianza entre márgenes para diámetro de arbolado.....	50
6.1.6. Análisis de varianza entre márgenes para densidad de arbolado	51
6.1.7. Correlación entre diámetro y edad del arbolado	52
6.1.8. Correlación entre altura y edad del arbolado.....	54
6.2. Análisis de la serie de tiempo con la precipitación.....	55
6.3. Reconstrucción de la precipitación de verano	58
6.4. Análisis de la reconstrucción de precipitación.	64
6.4.1. Análisis de las sequías en el siglo XVI	64
6.4.2. Análisis de las sequías en el siglo XVII	65
6.4.3. Análisis de las sequías en el siglo XVIII	66
6.4.4. Análisis de las sequías en el siglo XIX	66
6.4.5. Análisis de las sequías en el siglo XX	67
6.5. Análisis de la serie cronológica con registros de flujo hidrológico.....	69
6.6. Reconstrucción del flujo hidrológico para la cuenca del Nazas.....	71
6.7. Análisis del flujo hidrológico reconstruido.....	75
6.8. Relación precipitación y flujo reconstruido	77
VII. CONCLUSIONES.....	80
VIII. RECOMENDACIONES.....	82
VIII. LITERATURA CITADA	84
VIX. ANEXOS	93

LISTA DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 1. Características físicas y químicas de los suelos de la rivera del Nazas.....	25
Cuadro 2. Coordenadas de los puntos de muestreo, ubicados en la parte baja del rio Nazas, tramo Sapioriz-Presa Francisco Zarco	43
Cuadro 3. Frecuencia de edades de los árboles muestreados tanto en el margen derecho e izquierdo del río Nazas	45
Cuadro 4. Estadísticas de regresión entre diámetro y edad de los árboles del río Nazas.	53
Cuadro 5. Estadísticas de regresión entre altura y edad de los árboles del río Nazas.	54
Cuadro 6. Resumen general del COFECHA (Calidad de Fechado)	56
Cuadro 7. Estadísticas de regresión entre la serie cronológica de anillos de crecimiento de <i>Taxodium mucronatum</i> y la precipitación promedio regional correspondiente a los meses de Julio a Septiembre.....	60
Cuadro 8 Coeficientes de ajuste y parámetros del modelo utilizado en la reconstrucción de flujo.....	72

LISTA DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1. Ubicación del sitio de estudio. Tramo Presa Francisco Zarco – Sapioriz, Lerdo, Durango.	23
Figura 2. Obtención de una muestra o viruta con el taladro de Pressler (Jozsa, 1988).	29
Figura 3. Muestras montadas en las canaletas de madera.	30
Figura 4. Sistema de conteo, representación de microanillos y anillos ausentes (Stokes y Smiley, 1996).	31
Figura 5. Grafico de crecimiento (skeleton Plot). Fuente: Stokes y Smiley, 1996.	36
Figura 6. Gráficos de crecimiento de diferentes individuos que permite determinar la similitud de patrones de crecimiento para poder determinar un prefchado (Fechado cruzado o empalme). Fuente: Stokes y Smiley, 1996.	36
Figura 7. Equipo utilizado para las mediciones de las muestras en el laboratorio de dendrocronología.	37
Figura 8. Ubicación de 17 estaciones climáticas con mayor numero de años de registro comprendidas dentro de la cuenca del Nazas.	40

Figura 9. Ubicación de las estaciones hidrométricas comprendidas dentro de la cuenca del Nazas	41
Figura 10. Sitios de muestreo y ubicación de árboles longevos con edades superiores a 800 años. Observe como el arbolado viejo se distribuye en coordenadas similares en los márgenes derecho e izquierdo, lo que implica que las condiciones topográficas y edáficas del sitio permiten la existencia de este arbolado.	46
Figura 11. Distribución de las edades de los árboles en el margen derecho del río Nazas.....	48
Figura 12. Distribución de las edades de los árboles en el margen izquierdo del río Nazas.....	48
Figura 13. Edad promedio por transecto de los márgenes derecho e izquierdo del río Nazas, en el municipio de Lerdo, Durango.....	49
Figura 14 Densidad del arbolado por transecto en los márgenes derecho e izquierdo del río Nazas	52
Figura 15. Tendencia de los diámetros y edades de los árboles de sabino en el río Nazas. Esta tendencia no es significativa ($p>0.05$).	53
Figura 16. Tendencia de las alturas y edades de los árboles de sabino en el río Nazas. No existe ninguna relación entre edad y altura con una correlación entre ambas variables prácticamente nula.....	55
Figura 17 Coeficientes de correlación (r) entre la cronología de madera total y la precipitación media mensual de 7 estaciones climáticas de los	

meses de mayo previo a diciembre del año actual de crecimiento para un periodo común de 38 años.....	57
Figura 18. Precipitación promedio mensual de las estaciones climáticas Cañón de Fernández, Cinco de Mayo, Cuencamé, El Cuarto, El Palmito, Nazas y Santa Clara.	57
Figura 19 Coeficiente de correlación (r) de la serie cronológica con los datos de precipitación de las 7 estaciones climáticas y el promedio regional de los años 1966 a 2003, periodo julio-septiembre del año previo al crecimiento	58
Figura 20. Gráfica de dispersión del modelo de regresión bivariado mostrando la variabilidad de la precipitación total julio-septiembre, para el período 1966-2003 en la Región Lagunera.....	59
Figura 21.Comparación de precipitación observada y reconstruida del período julio-septiembre con 38 años de datos promedio para 7 estaciones climáticas.	61
Figura 22. Precipitación reconstruida de verano (Julio - Septiembre) para la parte media-baja de la cuenca del Nazas.....	63
Figura 23. Coeficientes de correlación (r) entre la cronología de madera total y el flujo promedio mensual de 5 estaciones de aforo de los meses de Junio-Diciembre del año previo y Enero-Mayo del año actual para un periodo común de 34 años (1971 – 2004). Observe la correlación negativa para el mes de marzo, producto de la liberación de agua en época en que no existe escurrimiento de forma natural	70

Figura 24. Distribución mensual del escurrimiento para 5 estaciones de aforo ubicadas en la cuenca del Nazas.	70
Figura 25 Comparación entre el flujo observado y el flujo reconstruido estacional otoño- invierno (agosto-febrero) al utilizar el aforo promedio de 5 estaciones hidrométricas para el período 1971 – 2004 (34 años).	72
Figura 26. Gráfica de dispersión del modelo de regresión mostrando la variabilidad del flujo total estacional (agosto-febrero) del período 1971-2004 para cinco estaciones de aforo de la cuenca del Nazas.	73
Figura 27. Reconstrucción histórica del flujo hidrológico estacional agosto– febrero, período 1510-2004 (495 años) para la cuenca del Nazas.	74
Figura 28. Comparación de la variabilidad de la precipitación (julio-septiembre) y flujo reconstruido (agosto-febrero), en la cuenca del Nazas.	78

LISTA DE ANEXOS

Pagina

ANEXO 1

Cuadro 9. Prueba t para edad suponiendo varianzas iguales de los márgenes derecho e izquierdo del río Nazas.	93
Cuadro 10. Prueba t para altura suponiendo varianzas iguales de los márgenes derecho e izquierdo del río Nazas.	93
Cuadro 11. Prueba t para diámetro suponiendo varianzas iguales de los márgenes derecho e izquierdo del río Nazas.	94
Cuadro 12. Prueba t para densidad suponiendo varianzas iguales de los márgenes derecho e izquierdo del río Nazas.	94

ANEXO 2

Cuadro 13. Matriz de correlación de Pearson entre la cronología y 17 estaciones climáticas comprendidas dentro de la cuenca del Nazas para un periodo común de 35 años (julio - agosto).....	95
--	----

ANEXO 3

Cuadro 14. Años secos y húmedos reconstruidos en la parte media baja de la cuenca del Nazas	97
Cuadro 15. Periodo de 5 años secos y húmedos reconstruidos en la parte media baja de la cuenca del Nazas	98

Cuadro 16. Periodo de 10 años secos y húmedos reconstruidos en la parte media baja de la cuenca del Nazas	99
---	----

ANEXO 4

Cuadro 17. Matriz de correlación de Pearson entre la cronología y 5 estaciones hidrométricas comprendidas dentro de la cuenca del Nazas para un periodo común de 34 años (agosto-febrero).....	100
--	-----

ANEXO 5

Cuadro 18. Índices estandarizado de ancho de anillo para las cronologías Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de <i>Taxodium mucronatum</i> , parte baja del río Nazas, tramo Sapioriz-Presa Francisco Zarco, Lerdo, Durango.	101
--	-----

I. INTRODUCCION

El norte de México, debido a la condición de aridez y su importancia económica que representa a nivel nacional, es un territorio particularmente vulnerable a las variaciones climáticas. Esta variabilidad es reflejo de la escasez de lluvia, que en años de baja precipitación causa condiciones de extrema sequía, en años de abundante lluvia causa flujos que aceleran la erosión de los suelos (Brito *et al.*, 2003).

A pesar del recurso hídrico limitado, la Comarca Lagunera ubicada en los estados de Durango y Coahuila, es una de las cuencas lecheras más importantes de México. La producción agropecuaria en esta región depende principalmente de las extracciones hídricas subterráneas y de los escurrimientos superficiales producidos en la cuenca alta del Nazas-Aguanaval en la Sierra Madre Occidental, los cuales son retenidos en grandes reservorios (presas) y distribuidos posteriormente mediante una red de canales principales y secundarios a lo largo del Distrito de Riego 017. Problemas adicionales relacionados con los recursos hídricos en esta región están relacionados con aspectos ecológicos, tecnológicos, socioeconómicos y políticos (Jiménez, 2001).

En esta cuenca el escurrimiento anual alcanza en promedio un volumen total de $1,500 \times 10^6 \text{ m}^3$, donde el 87% se capta a través del Nazas y el 13% proviene del Aguanaval. El flujo procedente del Nazas es controlado a través de las presas Lázaro Cárdenas o "Palmito" y Francisco Zarco o "Tórtolas". El volumen de agua captada en estas presas se planeó para irrigar una superficie original del orden de 160,000 ha, pero la variabilidad en precipitación anual originó que

el área cultivada en promedio alcanzara tan solo 67,247 ha anuales (Villanueva *et al.*, 2005). En los últimos 50 años, el agua destinada para irrigación del Distrito de Riego 017 ha excedido substancialmente el volumen captado en dichas presas, por lo que el déficit se ha satisfecho con agua del subsuelo, lo que ha resultado en un abatimiento dramático del manto freático, superior a 1.5 m por año, además de afectar la calidad del agua e incrementar el contenido de metales pesados. Un período de sequía entre 1992 y 2003 exacerbó este problema, por lo que el área cultivada se redujo en más del 80%; de esta manera, en los años 1996, 1997, 2002 y 2003 el área cultivada decreció a menos de 25,000 ha año⁻¹. El continuo aprovechamiento y deforestación de los bosques de Durango a una tasa anual de 60,554 ha año⁻¹, sobrepastoreo y otros cambios en el uso del suelo han modificado el ciclo hidrológico y provocado incrementos en la carga de sedimentos en los ríos y presas, reduciendo su capacidad de almacenaje (Cardosa *et al.*, 2003).

La falta de información hidroclimática histórica ha limitado el desarrollo de estrategias de manejo de este vital líquido. Las mediciones de los factores climáticos de algunas estaciones son escasos, incompletos o con un periodo de registro muy corto; en general, para la República Mexicana hasta la fecha, los registros climáticos y de flujos hidrológicos instrumentales no superan los 60 años (Biondi *et al.*, 1999). Debido a la extrema variabilidad de la precipitación en esta región, las predicciones a largo plazo de tendencias climáticas son de gran importancia para el manejo adecuado de este recurso. Sin embargo, este punto se torna difícil ya que la colecta de datos instrumentales inicia en la década de 1920 para las estaciones climáticas más antiguas y las mediciones de los flujos hidrológicos (escurrimientos) antes de la construcción de las presas son aun más limitados. Una manera de extender las series de flujo o de precipitación es aplicar modelos de regresión a partir de indicadores climáticos tales como las series de anillo de árboles (Brito *et al.*, 2003).

Por lo tanto, la dendrocronología juega un papel importante para el estudio a largo plazo, con la finalidad de analizar las variables climáticas que han afectado a las diferentes regiones antes y después del establecimiento antropogénico. Casos como en Estados Unidos, Canadá, Chile, Argentina, Europa y otras partes del mundo, los crecimientos anuales de especies centenarias, especialmente coníferas de bosque templados de los géneros *Pseudotsuga* y *Pinus*, han sido intensamente utilizadas para estudios paleoclimáticos y entendimiento de patrones de circulación atmosférica y de flujos hidrológicos (Stahle *et al.*, 1993; Meko *et al.*, 1996; Neira *et al.*, 2000; Aravena *et al.*, 2002). Sin embargo, en México, a pesar de su biodiversidad (Rzedowski, 1978) y presencia de árboles centenarios y milenarios, pocos son los estudios dendrocronológicos implementados hasta la fecha (Villanueva *et al.*, 2008).

Por otro lado, estudios realizados indican que la mayoría de los bosques de la Sierra Madre Occidental catalogados como viejos o con poco disturbio, prácticamente han desaparecido, debido a los aprovechamientos maderables intensivos y como fuente de papel (Burns *et al.*, 1994). Datos estadísticos indican que para 1995, se había deforestado prácticamente el 50% de la superficie original forestada del país; a una tasa anual promedio de 370,000 hectáreas (SEMARNAT, 2000). Al desaparecer un bosque viejo, también desaparecen con él, las relaciones existentes con otros organismos vivos tanto animales como vegetales, se altera la estabilidad del ecosistema, se producen cambios en la frecuencia de incendios, especialmente aquellos de origen natural (Fule y Covington, 1996), lo que desencadena el proceso erosivo del suelo y altera el ciclo hidrológico. Desde el punto de vista dendroclimático, la eliminación de estos bosques, restringe la posibilidad de obtener información paleoclimática.

En la actualidad para la República Mexicana se han generado aproximadamente 80 cronologías de los géneros *Pinus*, *Pseudotsuga*, *Abies* y

Taxodium, las cuales han sido desarrolladas por el INIFAP y por las universidades de Arkansas y Arizona. Algunas de estas cronologías se han utilizado para la reconstrucción de flujos hidrológicos y de precipitación estacional (Stahle *et al.*, 1998; Díaz *et al.*, 2001; Cleaveland *et al.*, 2003; González, 2003; Cerano, 2004; Gonzalez *et al.*, 2005; Villanueva *et al.*, 2005).

En la Comarca Lagunera, no obstante sus condiciones de aridez, se puede localizar especies con potencial dendrocronológico como es el género *Taxodium*, ubicado en bosques de galería de los ríos Nazas y Aguanaval en la parte baja de la cuenca, especie que por sus características de longevidad puede ser utilizado como “proxy” para reconstrucción de factores climáticos y/o flujos hidrológicos históricos al menos en los últimos 500 años. El entendimiento de la variabilidad hidroclimática, es esencial para definir la presencia de eventos de alta frecuencia y tendencias climáticas en el tiempo, información que es fundamental para desarrollar estrategias a corto mediano y largo plazo en el manejo de los recursos hídricos, que constituyen el motor de desarrollo de la región Lagunera.

La especie *Taxodium mucronatum* conocida comúnmente como ahuehuetes o sabinos se puede encontrar en ambientes muy particulares denominados bosque de galerías, cuyo espacio físico está representado por una línea que se extiende en ambos márgenes de corrientes perennes y que se diferencia en composición florística y estructura a la de las áreas contiguas (Treviño, 2001). De manera particular, el sistema ripario del Nazas está compuesto por una asociación de especies entre las que predomina el álamo (*Platanus occidentalis*), sauce (*Salix nigra*), fresno (*Fraxinus spp.*) y sabino o ahuehuate (*Taxodium mucronatum*), vegetación que constituye uno de los ecosistemas de mayor relevancia para la región. En este ecosistema el sabino es la especie más conspicua, debido a sus dimensiones colosales y longevidad y constituye el elemento principal que realza la belleza escénica del lugar, además de entablar relaciones ecológicas con las otras especies, constituye un archivo

climático histórico ya que las capas de crecimiento anual o anchos de sus anillos dependen en cierta medida de las condiciones climáticas prevalecientes durante su formación (Villanueva *et al.*, 2003c).

La caracterización de la estructura y dinámica de estos ecosistemas, requiere ser conocida para formular decisiones sobre su manejo y conservación. En este contexto interesa determinar la estructura de especies, su variación espacial y la estructura dimensional de los ecosistemas, lo cual es factible definirlo mediante procedimientos cuantitativos que permitan su evaluación y monitoreo en diferentes etapas de desarrollo. Los métodos para la caracterización pueden ser distintos en función de los objetivos, pudiendo incluir índices de diversidad, mezcla de especies, perfil de especies, distribución espacial, diferenciación dimensional, coeficientes de homogeneidad, etc., que permitan reproducir con diferente precisión la condición de estos ambientes (Aguirre *et al.*, 2003). Por su importancia que conlleva el área de estudio al decretarse “Parque Estatal Cañón de Fernández” es fundamental conocer la influencia que ejerce esta especie sobre las funciones y beneficios de estos ecosistemas. El sabino por sus características peculiares de longevidad (puede vivir por más de mil años),

II.- JUSTIFICACIÓN

Las actividades de uso del suelo en las riberas y planicies de inundación a lo largo del río Nazas por parte de los habitantes de comunidades cercanas al río, han afectado los bosques de galería, una de las áreas de mayor atracción de la región Lagunera. Los bosques de galería desempeñan diversas funciones en estos ecosistemas, ya que constituyen una zona de transición entre las laderas del matorral desértico y el medio acuático, retienen las escorrentías, actúan como filtro natural de contaminación, son albergue para diferentes especies de fauna silvestre, constituyen un microclima especial en un medio desértico, entre otras. Por lo anterior, la identificación de especímenes añejos de sabinos en ecosistemas riparios es de importancia básica para fundamentar acciones de manejo que coadyuven a su adecuado aprovechamiento, conservación, protección y/o restauración de estos ecosistemas riparios.

Uno de los problemas que enfrenta la región Lagunera es el abatimiento acelerado del acuífero, que se ha derivado de la sobreexplotación del mismo por varias décadas. El desconocimiento de la variabilidad hidroclimática en el tiempo limita el desarrollo de estrategias para la planeación y manejo del agua en la región. Los registros instrumentales de variables climáticas son escasos, incompletos o con un periodo de registro muy corto; ya que en general la colecta de datos instrumentales en México, se inició en la década de 1920 para las estaciones climáticas más antiguas y la medición de los volúmenes de agua, antes de la construcción de las presas son aun más limitados. Las predicciones de tendencias climáticas a largo plazo son de gran importancia para el control adecuado de este vital recurso. Una manera de extender las series de flujo o de precipitación es aplicar modelos de regresión a partir de “proxys” climático

tales como las series de anillo de árboles En este estudio, las series de crecimiento de sabino constituye la fuente “proxy” más importante para determinar la variabilidad hidroclimática histórica de la Cuenca del Nazas, que se refleja en los volúmenes de agua que circulan por el cauce del río Nazas y que finalmente representan el líquido vital de progreso de la Comarca Lagunera y de las poblaciones establecidas a lo largo de la rivera de este río.

III.- OBJETIVOS E HIPOTESIS

3.1. Objetivo General

Analizar la estructura poblacional y condición física del sabino en los márgenes derecho e izquierdo de la parte baja del río Nazas, con fines de conservación; así como determinar la variabilidad hidroclimática histórica de los últimos 500 años, al utilizar los anillos de crecimiento de esta especie como “proxy” climática.

3.2. Objetivos Específicos

1. Analizar la estructura poblacional del arbolado tal que permita inferir sobre los factores climáticos y antropológicos que han influenciado su comportamiento.
2. Desarrollar una base de datos georeferenciada que permita ubicar con precisión la presencia de arbolado con ciertas características, de manera, que esta información, coadyuve para la implementación de programas de manejo y conservación.
3. Generar información paleoclimática a través de anillos de crecimiento anual, que permita determinar de manera histórica el comportamiento hidrológico, de tal forma, que pueda ser de utilidad para fines de planeación y manejo del recurso agua en la región Lagunera

3.3. Hipótesis

La estructura poblacional de los sabinos en el río Nazas no ha sido influenciada por variaciones hidroclimáticas históricas, ni por acciones antropogénicas provocadas por la construcción de vasos de almacenamiento en la parte alta de la cuenca; tampoco por acciones de sobrepastoreo o cambios en el uso del suelo.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Bosques de galería o áreas riparias

Los bosques de galería o vegetación riparia son masas arbóreas que se desarrollan a orillas de arroyos o ríos, ocupan franjas angostas a lo largo de corrientes fluviales. Son considerados uno de los ecosistemas más diversos, dinámicos y complejos (Naiman *et al.*, 1993). Se distinguen de los demás tipos de vegetación localizados en áreas aledañas por ser relativamente más altos, de mayor densidad, contener en proporción una mayor cantidad de biomasa, ser estructuralmente más complejos y poseer un mayor número de especies siempre verdes. Enríquez (2004) menciona que una de las especies con amplia distribución en México en este tipo de vegetación, es el ahuehuete o sabino (*Taxodium mucronatum*). Los servicios ecológicos que prestan estas comunidades son considerados de gran importancia, pues una comunidad conservada, sirve de filtro entre el río y los ambientes adyacentes, impide el flujo al torrente del río de agroquímicos y productos orgánicos utilizados como insumos agrícolas y desechos agropecuarios, además de amortiguar algunos de los procesos de sedimentación de los lechos de los ríos. Estos servicios ecológicos mantienen la calidad del agua y proporcionan protección contra las inundaciones y la erosión (Treviño *et al.*, 2001). Las áreas riparias en ecosistemas áridos son el principal receptáculo de una diversidad de plantas y animales, además, proveen el hábitat a invertebrados que son fuente importante de alimento para la fauna acuática y terrestre y además representan en zonas áridas la única fuente de agua para estos organismos (Valencia, 1993).

4.2. Características generales de los sabinos o ahuehuetes

Los sabinos o ahuehuetes, pertenecen a la familia de las Taxodiaceae, endémico de América del Norte y cultivado por los aztecas con fines ornamentales, es un árbol fuertemente arraigado en las tradiciones mexicanas prehispánicas, ligado a la historia y leyendas del país. Esta especie es considerado como el árbol nacional de México (Martínez, 1963). Entre las gimnospermas, sólo el género *Taxodium* crece en los márgenes de ríos y manantiales en lugares templados y a altitudes que van desde los 300 m. hasta los 2500 m de elevación; por lo regular, la base del tronco se encuentra sumergida durante gran parte del año. Este tipo de vegetación forma los llamados "bosques de galería" o también denominados bosques subperennifolios "riparios" (Martínez, 2004).

4.2.1. Descripción

El ahuehuate o sabino es un árbol hasta de 40 m de altura; tronco grueso, generalmente lobulado, ocasionalmente dividido cerca de la base en 2 o 3 troncos, corteza de color café claro que se desgarran en tiras longitudinales entrelazadas, ramillas colgantes; hojas dísticas, sésiles, lineares, rectas o algo falcadas de 8 a 20 mm de largo por 1 mm o menos de ancho; ápice agudo, hialino, base abrazando la ramilla, la vena central prominente en el envés y marcada en forma de surco en el haz; inflorescencia masculina de 15 a 25 (30) cm de largo; conos globosos a ovales subsésiles, de 1.3 a 2.5 cm de largo por 1 a 2 cm de ancho, aromáticos, de color verdoso, con escamas rugosas y dotadas de vejigas resiníferas; semillas angulosas de 5 a 9 mm de largo por 3 a 4 mm de ancho, de color café-amarillento; florece de agosto a marzo y mantiene los frutos durante todo el año (Martínez, 1963).

4.2.2. Hábitat

Se encuentra en bosques de encino, en bosques de coníferas y otras latifoliadas. Es un árbol de altos requerimientos hídricos, por lo que crece a orilla de ríos, manantiales o arroyos, con frecuencia se encuentra bordeando canales y presas. Prospera en suelos aluviales profundos y con deficiente drenaje, prefiere valores de pH mayores de 7, se ha detectado desde los 300 a los 2500 m de elevación.

4.2.3. Manejo

En el bosque no recibe ningún manejo, sin embargo, es cultivado a lo largo de cuerpos de agua y canales para estabilizar las orillas y bordes. Se puede propagar por medio de semilla, que se puede recoger durante todo el año, pero es más abundante durante los meses de agosto a noviembre. También se puede propagar fácilmente por medio de estacas, que se entierran en un suelo con humedad durante todo el año.

4.2.4. Longevidad

Se ha encontrado árboles con edades superiores a los 1150 años en Los Peroles, San Luis Potosí (Villanueva *et al.*, 2003a) y el caso de El Árbol del Tule ubicado en Oaxaca, el cual se le estima una edad de 2000 años.

4.3. Indicadores paleoclimáticos

Los registros del clima provenientes de satélites y de mediciones hechas por el hombre (por medio de termómetros, pluviómetros, etc.) cubren por lo general menos de 100 años. Estos registros son demasiado cortos para examinar el rango completo de la variabilidad climática, Existen diferentes fuentes, registros

o proxy's naturales que registran dicha variación en el tiempo tales como: anillos de árboles, capas de hielo, polen fósil, sedimentos marinos, corales y documentos históricos. Al analizar los registros tomados de éstas y de otras fuentes paleoclimáticas, se puede extender el entendimiento de la variación del clima mucho más allá de los registros climáticos instrumentales (Cerano, 2004).

4.4. La dendrocronología como una herramienta de análisis

4.4.1. Definición

El término cronología o cronología de anillos de crecimiento, se refiere a una serie de valores promedio de los índices de crecimiento anual estandarizados y adecuadamente fechados los cuales son obtenidos a partir de virutas extraídas de árboles de un sitio en particular (Fritts, 1976).

A la vez la palabra dendrocronología proviene del griego: *dendros*, que significa “árbol”, *cronos* tiempo y *logos* conocimiento o estudio de. Por lo tanto se define como el conocimiento o fechado exacto de los anillos de crecimiento de los árboles. Si se considera a cada árbol como un instrumento capaz de registrar todos los fenómenos que ocurren en el medio que los rodea, la dendrocronología no es otra cosa que la ciencia que interpreta o lee dicho registro ambiental (Dendrocronología, 2002)

4.4.2. Antecedentes históricos de la dendrocronología

Las primeras observaciones que relacionaron el ancho de los anillos 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 anillo anuales. Los primeros en descubrir el fechado fueron los naturalistas franceses Duhamel y Buffon en 1737, ellos descubrieron que un anillo sobresaliente, dañado por las

heladas, estaba presente 29 años hacia adentro de la corteza en cada uno de los árboles recién cortados. El cofechado basado en el ancho relativo de los anillos fue reconocido independientemente en 1827 por A. C. Twining en Connecticut, en 1838 por el matemático C. Babbage en Inglaterra, en 1859 por J. Kuechler en Texas y en 1904 por Douglass. Aunque Twining fue el primero en captar todo el significado y el potencial del cofechado, fue Douglass quien utilizó el principio como la base para el desarrollo de la ciencia de la dendrocronología.

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 (EEUU) exhibían variaciones en el su crecimiento anual. A él ya le habían impresionado las diferencias entre los bosques de Arizona que estaban ampliamente espaciados y los de Nueva Inglaterra que eran bosques densos y con mucho sotobosque. Douglas sabía que el crecimiento de los árboles de N. Inglaterra era influenciado en su mayoría por la sombra y la competencia dentro del bosque, además se preguntaba si los árboles de Arizona eran influenciados más por la humedad disponible que por la competencia dentro del rodal y si la disponibilidad de humedad tenía un efecto de correspondencia sobre el ancho de anillos. Entonces analizó que si esto fuera así, los años secos deberían registrarse como anillos delgados y podría usar el ancho de los anillos como una prueba para un registro de largo alcance de tiempo y del clima. Douglas comenzó a examinar tocones en los alrededores de Flagstaff y en 1904 quedó particularmente impresionado por un grupo de anillos más pequeños que ocurrían 21 años hacia dentro de la corteza. Más tarde examinó un tocón viejo en el campo de un hacendado y observó el mismo modelo, pero había 11 años en vez de 21 entre el grupo de los pequeños anillos y la corteza. Douglas concluyó que el árbol debió ser cortado en 1894, sorprendiendo al dueño cuanto acertó con el año en que el árbol había sido talado. No fue hasta 1911 que Douglas reconoció el verdadero significado de sus observaciones. Identificó un modelo de anillos delgados y anchos en

Prescott, que era similar al observado anteriormente en Flagstaff a 81 Km. de distancia. De esta manera estableció el cofechado, un procedimiento que él reconocía podía ser aplicado en áreas donde el crecimiento de un anillo es con frecuencia limitado por el clima.

Douglas derivó dos importantes implicaciones de su descubrimiento: (1) El cofechado podría ser usado como una herramienta cronológica para identificar el año calendario exacto en que se produjeron los anillos, al estudiar el modelo 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. (2) Los modelos del ancho de los anillos en sí mismos representan un registro de las condiciones ambientales sobre una región. Las variaciones del ancho de algunos de los anillos es atribuible a las condiciones locales del hábitat de los árboles, pero una gran parte de la variación que era observable en todos los árboles y de este modo podían reflejar solamente factores que ocurrían sobre toda la región.

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 su estructura. 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: cantidad de nutrientes disponibles, minerales, reguladores de crecimiento, enzimas y agua (Fritts, 1976).

En el siguiente modelo lineal se representa las señales presentes en una serie de crecimientos de anillos anuales (Cook, 1985; Cook y Kairiukstis, 1990):

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

Donde:

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)

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

4.4.3. Principios dendrocronológicos

La dendrocronología es posible por el hecho de que en muchos árboles, el crecimiento anual de los anillos es visible en una sección transversal, donde se exhiben diferencias en su tamaño, sin embargo se requieren de cuatro condiciones para que estos crecimientos sean de utilidad en el fechado de una muestra (Stokes y Smiley, 1996).

1. Los árboles deben presentar un anillo para cada estación de crecimiento. No se pueden usar especies que agreguen más de un anillo anual durante la estación de crecimiento.
2. Aunque el crecimiento estacional total es el resultado de muchos factores interrelacionados, como genéticos y medioambientales, solo un factor medioambiental debe dominar y limitar el crecimiento. En el suroeste de Estados Unidos y norte de México, ese factor limitante es la precipitación.
3. El crecimiento que se propicia por el factor limitante, debe variar en intensidad de un año a otro, y los anillos anuales resultantes debe reflejar tal variación en su anchura de crecimiento.
4. La variable ambiental limitante debe ser uniforme sobre un área geográfica extensa.

4.4.4. Potencial dendrocronológico

La dendrocronología se puede aplicar en la solución de una variedad de problemas tanto en el área de: recursos naturales, climatología, geología, arqueología, antropología, medicina, entre otras.

Para el caso de México la dendrocronología se puede aplicar en los siguientes aspectos (Villanueva *et al.*, 2004):

1. Integración de bases de datos paleoclimáticos; es decir, reconstrucción histórica de variables climáticas como precipitación, temperatura, presión atmosférica, etc.
2. Estudio de fluctuaciones hidrológicas en el tiempo (inundaciones, sequías,) reconstrucción de flujos de agua en sistemas hidrológicos.
3. Cambios climáticos globales por efecto de la deforestación, contaminación, calentamiento global.
4. Estudios ecológicos (estructura de la vegetación, frecuencia de incendios, plagas, enfermedades, etc.) para conservación y/o restauración de ecosistemas.
5. Estudios ecológicos para conservación de ecosistemas y especies de flora y fauna endémicas.
6. Tasa de crecimiento de especies forestales económicamente importantes para el aprovechamiento sustentable.
7. Estudio de patrones de circulación atmosférica global (El Niño-Oscilación del Sur; El Monzón de Norte América o Mexicano, Oscilación Decadal del Pacífico, huracanes, tormentas tropicales, tormentas convectivas, heladas tardías, etc.)
8. Repercusiones económicas y sociales de cambios climáticos, producción de alimentos, brotes epidémicos.

9. Estudios antropológicos, ejemplo, causas de la desaparición de civilizaciones antiguas, condiciones climáticas dominantes durante el establecimiento, florecimiento y decadencia de civilizaciones, etc.
10. Generación de cronologías de árboles en zonas semitropicales, templadas y áridas para estudios de aprovechamiento sustentable.

4.5. Trabajos estructurales y dendroclonológicos realizados

Arroyo (1994) menciona que la caracterización de la vegetación y su clasificación, así como la presencia de diferentes comunidades vegetales se fundamenta en la composición florística y características estructurales tales como diversidad, altura, frecuencia, dominancia, abundancia y área basal de las especies constituyentes. Por lo tanto, los ecosistemas forestales constituyen una condición para tomar decisiones sobre el manejo de estos recursos, tanto en localidades de bajo aprovechamiento como en áreas naturales protegidas (Aguirre *et al.*, 2003)

Al respecto Enríquez (2005) analizando la estructura poblacional de sabinos en diferentes localidades del estado de Querétaro, no encontró relación alguna entre las variables edad y diámetro así como la edad y la altura de los árboles muestreados excepto para el sitio Puente de Ayutla con un valor de regresión r^2 de 0.412 y 0.483 respectivamente, menciona que estos valores son poco significativos para determinar que el aumento en diámetro o en altura es directamente proporcional a la edad, concluye que otros son los factores condicionantes en el crecimiento de la especie, tales como cambios hidrológicos en el cauce, variación de la temperatura, disposición de nutrientes, competencia por luz y espacio, independientemente de la edad que presente el arbolado.

Por otro lado Villanueva *et al.* (2003a) realizaron un estudio estructural en Los Peroles, Rioverde, San Luis Potosí, relacionado con una población de

sabino, obtuvo diámetros basales entre 0.7 a 2.1 m. los diámetros de copa fluctuaron entre 7 a 24 metros y árboles con edades que oscilaron entre 146 a 1150 años. El mismo autor, al correlacionar el diámetro de tronco con la edad de los árboles, no encontró una asociación significativa ($r^2 = 0.26$, $p > 0.05$), ya que árboles con diámetro pequeño mostraron mas edad que árboles con diámetro mayor. Concluye que este comportamiento es consecuencia de diferencias edáficas y de la disponibilidad de agua, ya que individuos en sitios sin limitación hídrica crecieron con mayor velocidad que aquellos ubicados en lugares sin corriente o sin un manto superficial.

Las primeras cronologías desarrolladas en México fueron realizadas por Schulman (1944, 1956) como parte del proyecto Mexicano de anillo de árboles de la Universidad de Arizona, desarrollando cronologías de *Pinus* sp., *Pseudotsuga menziesii* y *Abies Duranguensis* cerca del Salto, Durango. También muestreó árboles vivos y examinó muestras de madera arqueológica de *Cupressus* sp., *Taxodium mucronatum* y *Abies* sp. del centro de México. Este investigador no fue optimista sobre el potencial dendrocronológico de *T. mucronatum*. Durante este proyecto se desarrollaron 20 cronologías de anillo de árboles, los cuales se encuentran disponibles en el Banco Internacional de Datos de Anillo de Árboles (ITRDB, por sus siglas en ingles) los cuales han sido escasamente utilizados para reconstrucciones paleoclimáticas en México.

En un estudio realizado sobre los ahuehuetes del bosque de Chapultepec, indica que por formar anillos de crecimiento anual, son fuente incomparable de información climática, desarrollándose una cronología de anillo de árboles para los últimos 108 años, sin embargo, este periodo no concuerda con la variabilidad de la precipitación observada, debido a que en esta área ha existido disturbio antropogénico con el incremento poblacional en los últimos años de la Cd. de México, lo cual es un indicativo sólido del impacto negativo y directo de las actividades humanas sobre la disponibilidad de agua en el subsuelo, la

calidad del aire y la presencia de contaminantes en ambos sistemas (Villanueva *et al.*, 2003b)

En trabajos realizados para fines dendrocronológicos según Neira (1995) usualmente se puede cosechar solo una parte de las muestra obtenidas en campo, las cuales varían entre 43 a 90 % dependiendo de las características del sitio. Las muestras que no cosechan normalmente provienen de árboles cuyo crecimiento está muy influenciado por condiciones locales tales como la competencia, incendios, plagas y enfermedades (Cerano, 2004).

Scott (1966) con muestras de madera de coníferas procedentes de las ruinas de Casas Grandes, Chihuahua, generó una cronología flotante de 485 años, mediante comparaciones estadísticas entre esta cronología y las cronologías disponibles para el Norte de Arizona y Nuevo México, concluyendo que la cronología de las ruinas de Casas Grandes data del periodo de 851 a 1336 D. de C.

Según Stahle *et al.* (1998), los árboles en el norte de México, detectan una de las señales más claras de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) en el continente Americano, ya que su crecimiento, especialmente de madera temprana, está muy relacionado con la precipitación invernal y por ende ENSO en su fase cálida. Por otra parte, el crecimiento de la madera tardía, está influenciada por la precipitación de verano, la cual es afectada por el Monzón (Therrell *et al.*, 2002). Además, las lluvias de verano son de suma importancia en el centro y norte de México para recarga de acuíferos, establecimiento de cultivos en temporal, producción de forraje, etc.

Cleaveland *et al.* (2003), desarrollaron una reconstrucción climática de más de 600 años de precipitación de invierno y de verano para Durango, utilizando cronologías de árboles de *Pseudotsuga*, los cuales logran edades hasta de 650 años en ciertos macizos de la Sierra Madre Occidental.

En un estudio realizado por Cerano (2004), para Saltillo, Coahuila; con la especie *Pseudotsuga menziesii*, encontró que las sequías mas severas en esta región tiene una ocurrencia cíclica, a intervalos de cien años (1690, 1790, 1890 y 1990) además, menciona que es importante la generación de una red completa de cronologías de anillos de árboles incluyendo otras especies climáticamente sensibles, ya que esta especie por si sola no puede captar o explicar toda la variabilidad climática en una región hidroclimáticamente tan variada como lo es el noreste mexicano. Así mismo, menciona que en estas regiones, existe problema de abastecimiento de agua, el cual se ha agravado en los últimos años a consecuencia del crecimiento poblacional e industrial acelerado.

Uno de las pocas reconstrucciones de flujo hidrológico en México es la realizada por Brito *et al.* (2003) para la cuenca del Golfo de California utilizando series dendrocronológicas de *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus lagunae* obtenidas en diferentes sitios de los estados de Durango, Baja California Sur, y Tlaxcala; los cuales fueron correlacionados con el flujo hídrico de 15 estaciones hidrológicas dentro del área de estudio, reconstruyéndose de 1840 a 1992 para la región central y de 1712 a 1993 para el sur de la región.

Al respecto Villanueva *et al.* (2005) reconstruye el flujo hidrológico de la cuenca alta del Nazas a partir de cronologías de *Pseudotsuga menziesii* localizados en áreas adyacentes, encontró que esta especie explica el 51 % del flujo normalizado al correlacionarse con datos obtenidos en la estación de aforo Sardinias, lográndose reconstruir el flujo ocurrido entre los meses de septiembre a junio con una extensión de 228 años (1765-1993), concluye que las cronologías de anillo de árboles en esta región registra un alto porcentaje de la variabilidad tanto en precipitación así como en el flujo hidrológico.

De las reconstrucciones desarrolladas con cronologías de anillos de árboles en la Sierra Madre Occidental muestran periodos secos y húmedos muy

semejantes, según Villanueva *et al.* (2006) las discrepancias encontradas son producto de las condiciones climáticas locales influenciadas por aspectos fisiográficos, topográficos y de continentalidad.

En México contadas son las cronologías realizadas a partir de *Taxodium mucronatum*, tales como la generada para el río Sabinas en Tamaulipas del periodo 1474 a 1995, Barranca de Amealco en Querétaro del año 825 al 2004, Los Peroles San Luis Potosí correspondiente al periodo 467-2004 y otras diez cronologías de menor extensión realizadas por el INIFAP.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Características generales del área de estudio

5.1.1. Localización

El área de estudio se localiza entre las coordenadas $25^{\circ} 16' N - 103^{\circ} 46' W$ y $25^{\circ} 27' N - 103^{\circ} 43' W$, dentro del municipio de Lerdo, Durango, área comprendida entre la Presa Francisco Zarco y la comunidad Sapioriz, con una distancia aproximada de 18 km (Figura 1).

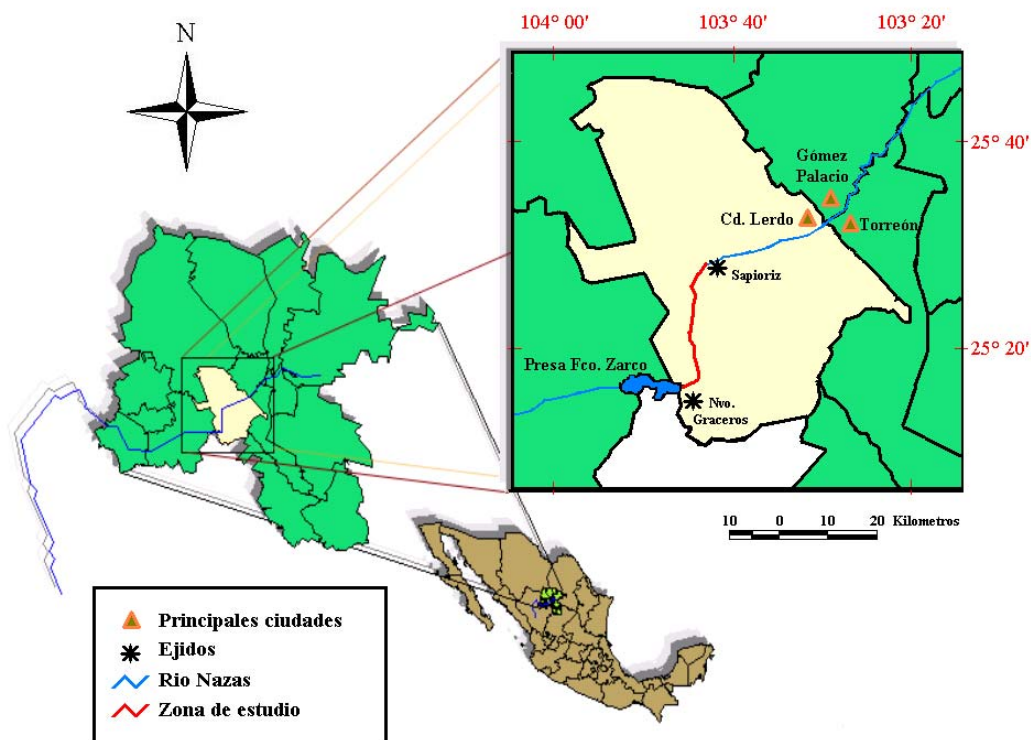


Figura 1. Ubicación del sitio de estudio. Tramo Presa Francisco Zarco – Sapioriz, Lerdo, Durango.

5.1.2. Clima

El clima predominante en el área es cálido seco y de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1973) el clima es muy seco con lluvias en verano, con porcentaje de precipitación en invierno entre 5 y 10.2 mm, e invierno fresco (BW hw(e)).

5.1.3. Precipitación

La precipitación media anual del área oscila entre los 200 a 350 mm y se distribuye principalmente en el período comprendido entre Mayo a Octubre, siendo Agosto y Octubre los meses mas lluviosos (Valencia, 2002).

5.1.4. Temperatura

La temperatura máxima promedio es de 33.6 °C y la mínima de 5.59 °C con una media anual que varia de 19 a 21 °C. Presentándose una máxima de 33.7 y una mínima de 19 °C del mes más caliente (Junio), y una máxima de 21.1 y una mínima de 3.9 °C del mes mas frío (Enero) (Morán, 2001).

5.1.5. Hidrología

El escurrimiento presente en la zona de estudio, se origina en la vertiente oriental de la Sierra Madre Occidental en el estado de Durango, a partir de la confluencia de los afluentes Sextín y Ramos, los cuales conforman el río Nazas y que aguas abajo de su cauce se encuentran las presas “Lázaro Cárdenas” y “Francisco Zarco”, hasta su desembocadura en la Laguna de Mayran, recorriendo una distancia de 350 Km aproximadamente.

5.1.6. Suelo

En las sierras del área de estudio destacan los suelos morfológicamente conocidos como litosoles con profundidad menor a los 10 cm, que descansan sobre lecho rocoso. En la parte baja de las laderas de estas sierras se presentan los regosoles, los cuales son suelos ligeramente desarrollados en materiales no consolidados principalmente arenas, generalmente abarcan pequeñas superficies a lo largo de las sierras y cañones. Sobre el cauce del río se presentan fluvisoles, los cuales son suelos aluviales desarrollados a partir de sedimentos recientes y por lo tanto sin horizontes definidos.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los suelos de la rivera del Nazas.

Características	Valor
pH	8.37
Materia Organica (%)	1.41
Arena (%)	58.73
Limo (%)	14.36
Arcilla (%)	26.91

Fuente: Valencia, 2002.

5.1.7. Vegetación

Sobre las laderas de las serranías con suelos ricos en carbonatos de calcio predomina la vegetación de matorral rosetofilo, formado por especies espinosas que crecen en forma de roseta tales como: lechuguilla y guapilla (*Agave lecheguilla* y *Hechtia glomerata*) con abundancia importante de guayule (*Parthenium argentatum*) y mariola (*Parthenium incanum*) además de un estrato

alto dominado por palma (*Yuca spp.*) y un estrato inferior dominado por una gran diversidad de cactus. En la parte baja de las laderas se encuentra el matorral micrófilo, el cual se encuentra conformado por huizaches (*Acacia spp.*) y mezquites (*Prosopis spp.*). En las zonas de inundación, se encuentra la vegetación de galería, el cual constituye el único ecosistema donde predominan árboles como el álamo (*Platanus occidentalis*), sauces (*Salix nigra*), fresnos (*Fraxinus spp.*) y sabinos o ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*).

5.1.8. Usos diferentes del área

En toda su longitud del área de estudio que comprende aproximadamente 20 km de las riveras derecha e izquierda del río Nazas, se presenta un patrón diferente de uso humano que permite con claridad distinguir dos tramos: el primero, con un alto grado de disturbio, que se extiende desde Sapioriz hasta el sitio donde comienza el Cañón, practicándose el pastoreo de cabras y la agricultura en las zonas de inundación y el segundo, que corresponde al tramo poco modificado que abarca todo el Cañón de Fernández hasta la Presa Francisco Zarco. Sin embargo, otros factores como el que resulta de la forma de aprovechar el agua del río (Apertura y cierre de las compuertas de las presas en el ciclo agrícola), el factor biológico y geológico que presentan algunas diferencias, pueden permitir una división mayor de estas áreas (Valencia, 2002). Por otro lado, aunque de manera aislada se presenta la extracción de arenas sobre el cauce del río; esta actividad puede tener otros efectos más allá del sitio de extracción, como son: la pérdida y degradación de áreas fértiles adyacentes al cauce, pérdida de la productividad de peces, biodiversidad, y el potencial de recreación, puede reducir el costo de la tierra y los valores estéticos. Generalmente, en la mayoría de los cauces, la calidad del hábitat está fuertemente ligada a la estabilidad del lecho.

5.2. Metodología

En julio del 2003 se hicieron los recorridos preliminares de campo para determinar los sitios de muestreo.

5.2.1. Diseño de muestreo

El muestreo del bosque de galería se realizó mediante un muestreo sistemático, determinándose transectos de aproximadamente 50 m de longitud, que se ubicaron tanto en los márgenes derecho e izquierdo del cauce.

5.2.1.1. Tamaño de la muestra

En cada transecto establecido se contabilizaron todos los individuos de sabino presentes, e individuos representativos de las clases diamétricas, estableciéndose un total de 47 sitios (transectos), de los cuales 26 correspondieron al margen derecho del río y 21 al margen izquierdo. Cabe destacar que el margen del río se maneja de acuerdo al flujo hidrológico del río, es decir, en dirección aguas arriba hacia aguas abajo.

5.2.1.2. Variables

Para cada uno de los árboles muestreados se evaluaron variables cuantitativas como diámetro normal, y altura del arbolado. Con los núcleos de crecimiento se estimó la edad en función del número de anillos de crecimiento presentes en una sección radial determinada. Variables cualitativas consistieron en evaluar el daño físico observado (como base del tronco quemado, ramas o puntas de los árboles trozados, parte central podrido), vigor, presencia de plagas y enfermedades.

5.2.3. Determinación de alturas del arbolado.

Para determinar la altura de cada árbol, se utilizó un clinómetro empleando las formulas siguientes.

Cuando la lectura superior e inferior son positivos se utiliza la fórmula

$$H = \frac{(LS - LI) \times (D)}{100}$$

Y cuando la lectura superior es positivo y la lectura inferior es negativo se utiliza la formula

$$H = \frac{(LS + LI) \times (D)}{100}$$

Donde:

H = Altura del árbol

LS= Lectura superior tomada en el clinómetro al observar la parte terminal de la copa del árbol desde una distancia determinada.

LI = Lectura inferior tomada en el clinómetro al observar la parte basal del tronco del árbol a una distancia dada.

D = Distancia dada a partir de la base del tronco del árbol (puede ser 10, 15, 20, 25 o 30 m)

5.2.4. Colecta de núcleos o virutas

La obtención de un núcleo de crecimiento para estimar la edad de un árbol, se obtiene generalmente a la altura del pecho y tratando de que el núcleo de crecimiento o viruta incluya el centro del árbol (Figura 2), pero la presencia de lóbulos, crecimientos anormales, quemaduras en el tronco y pudriciones evitó

frecuentemente la extracción de la muestra a tal altura, por lo que se procedió a obtenerla de algún otro lugar accesible. En general se obtuvieron de dos a tres virutas por árbol con taladros tipo Pressler de longitud variable, aunque con frecuencia se utilizaron aquellos de mayor longitud (mayores de 50 cm) con la finalidad de obtener las virutas lo más cercano al centro del árbol (Jozsa, 1988).

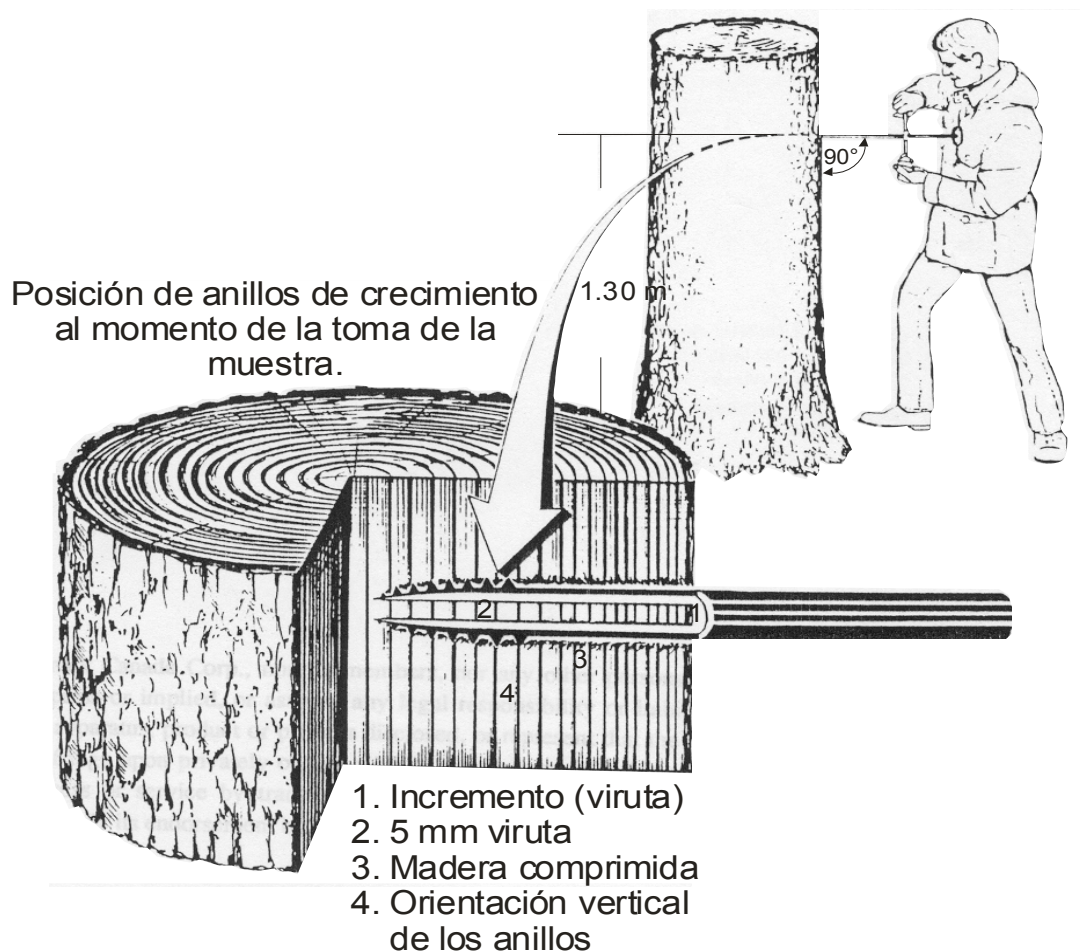


Figura 2. Obtención de una muestra o viruta con el taladro de Pressler (Fuente: Jozsa, 1988).

5.2.5. Preparación y montaje de las muestras

Las virutas o centros de incremento extraídos con el taladro son delgados y por consiguiente frágiles, por ello fueron puestos sobre secciones de madera acanaladas preparadas especialmente con este fin. En el Laboratorio del

INIFAP y después de que las muestras perdieron suficiente humedad se montaron en la madera con pegamento, ajustándola con cinta adhesiva para evitar que se desprenda y quede completamente pegado a ella, sobre la madera se vació la información que identifica a cada una de las muestras y así se evite cualquier equivocación al momento de su análisis (Figura 3). Un factor muy importante en el montado de las muestras es la orientación, las células de la madera (traqueidas) deben quedar perpendiculares a los incrementos anuales, ya que de esto depende el observar con mayor claridad las bandas de crecimiento anual (Fritts, 1976).



Figura 3. Muestras montadas en las canaletas de madera.

5.2.6. Pulido de las muestras

Para que las muestras resalten sus anillos de crecimiento y puedan ser analizadas, se pulen con lijas de diferente fineza que oscila entre los 120 y 1200

grados. Se empieza a pulir con las lijas de grados más gruesos mediante pulidoras eléctricas, posteriormente para que se observe con más claridad los incrementos anuales el lijado se realiza con lijas mas finas en forma manual.

5.2.7. Conteo de anillos

Para realizar el conteo de los anillos se utilizó un estereoscopio de de resolución 10X a 20X. El conteo de anillos se efectuó marcando las décadas con un punto, cada periodo de 50 años se marcó con dos puntos y periodos de 100 años se identificó con tres puntos, se ubicaron anillos que muestran reducción en crecimiento y si solo se observa una parte de la banda de crecimiento, entonces se refiere a un microanillo, lo cual se utilizó dos puntos paralelos para identificar estos microanillos, dos puntos alternos para indicar anillos perdidos y una línea diagonal para representar un falso anillo (Figura 4).

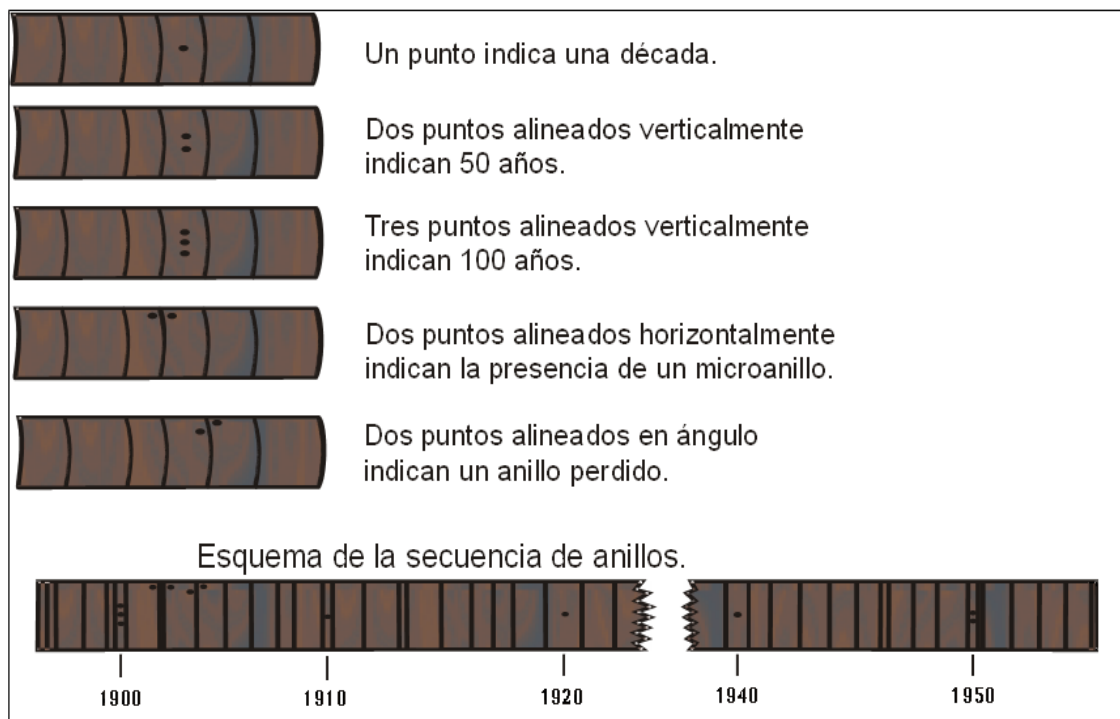


Figura 4. Sistema de conteo, representación de microanillos y anillos ausentes (Stokes y Smiley, 1996).

5.2.8. Estimación de edades

Con base al conteo de anillos por muestra se estimaron las edades de cada árbol. Para la determinación de edades se tomó como base la sección obtenida con el taladro, en árboles con diámetro grande o aquéllos que se encontraron podridos por el centro, y por lo tanto no se alcanzó el centro, son estimadas contando los anillos contenidos en los 10 cm de la parte mas interna de la muestra (contrario a la corteza); esto debido a que en general los árboles crecen mas rápido en su etapa juvenil y por lo tanto producen anillos mas anchos (Fritts, 1976). Con el número de anillos contenidos en la sección de 10 cm y conociendo el radio de cada árbol, se realizó una extrapolación para estimar el numero de años de la sección faltante, además se les añadió 5 años, el cual fue determinado como el tiempo promedio necesario para que los sabinos del río Nazas alcancen la altura de muestreo (1.30 m.)

La edad estimada total del árbol, se describe con la siguiente ecuación, descrita por Villanueva *et al.*.(2003c):

$$ETA = \sum (Ni + Nf + Na)$$

Donde:

ETA = Edad total del árbol (años)

Ni = Número total de anillos obtenidos en la viruta

Nf = Número de anillos en la sección faltante

Na = Número de años que requiere el árbol para alcanzar la altura de muestreo (5 Años).

El número de anillos en la sección faltante (Nf) se obtuvo mediante la siguiente ecuación

$$Nf = \frac{(LVFC) \times (NACV)}{10}$$

Donde:

LVFC = Longitud de la viruta faltante para llegar al centro del árbol (cm).

NACV = Número de anillos contenidos en 10 cm de la parte mas interna de la viruta

Para obtener la longitud de la viruta faltante para completar el centro del árbol (LVFC) se utilizó la ecuación siguiente:

$$LVFC = (D/2) - LV$$

Donde:

D = Diámetro del árbol

LV = Longitud de la viruta

5.2.9. Densidad del arbolado

La densidad del arbolado se determinó mediante el método de transecto en línea (Bonham, 1989), determinado por la siguiente ecuación:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^k \left(\frac{1}{D_i} \right)}{L}$$

Donde:

m = Densidad (por unidad de área)

D_i = Es el diámetro individual de cada uno de los árboles (m)

L = Es la longitud de la línea (m)

5.2.10. Estructura de la vegetación

El estado estructural de las poblaciones de sabino en el área de estudio, se representó a través de frecuencia de edades, diámetros basales, alturas y densidades.

Los datos de edad fueron analizados para definir los sitios en el cual se localizan arbolado joven o arbolado viejo. Se realizaron análisis de correlación entre sitios con la finalidad de determinar si presentan diferencia significativa en cuanto a edad, diámetro, altura y densidades; se realizaron análisis de regresión (r^2) entre la edad estimada y las variables diámetro y altura a través del software XLSTAT® para EXCEL de Microsoft Office XP®. Mediante el uso de sistemas de información geográfica software Arc View 3.2, fueron representados espacialmente los sitios muestreados, generándose una base de datos de ubicación mediante coordenadas geográficas así como edad, altura y diámetro de las poblaciones de sabino sobre el margen del río Nazas.

5.3. Desarrollo de la cronología

5.3.1. Prefechado de las muestras.

Luego que se determinaron las edades de cada árbol, se seleccionaron las muestras más viejas de cada transecto, es decir, aquellas que presentaron mayor número de anillos anuales, para permitir una considerable extensión de los registros en el tiempo y de esta manera poder extender con mayor número de años la serie cronológica. Para determinar el año exacto de formación de cada anillo de crecimiento se realizó un prefecado mediante la técnica del grafico de crecimiento (“skeleton plot”), procedimiento que facilita el fechado cuantitativo a través del apoyo de programas computacionales.

La técnica del gráfico de crecimiento, es una forma de representar de manera cualitativa el grosor de los anillos (Swetnam *et al.*, 1985). Estos gráficos se utilizan como una ayuda cronológica para comparar un grupo de muestras y definir esquemas de tendencia, los cuales son esenciales para el fechado exacto de los incrementos anuales. Este proceso se inicia con la construcción de un gráfico de crecimiento para cada muestra individual, lo cual requiere de una tira de papel milimétrico etiquetado con la clave de la muestra para evitar equivocación. El papel milimétrico se enumera en décadas, iniciando con un cero de izquierda a derecha dependiendo de la longitud de la muestra. Cada milímetro en el papel corresponde a un anillo. El anillo mas interno de la muestra se identifica como anillo cero (anillo central del árbol) y se continúa el marcado de manera progresiva hasta la corteza. En el gráfico de crecimiento, los anillos estrechos (más angostos) son los que se plasman en el gráfico. De manera que una línea esta marcada en cada intervalo donde un anillo pequeño esta presente. La decisión de estrechura (angosto) se basa en la comparación de cada uno de los anillos inmediatos al anillo pequeño. Entre mas pequeño el anillo, mayor es el tamaño de la línea marcada en el gráfico (hasta 1.5 cm). Si un anillo es muy pequeño o si se observa incompleto, se trata de un microanillo, en el gráfico de crecimiento se traza una línea mayor que las trazadas para anillos pequeños y en el caso de anillos perdidos se traza una línea punteada en la posición grafica que en teoría debiera de estar ubicada el anillo y así señalar su presencia (Figura 5).

De las muestras seleccionadas y después de haber trazado a cada uno su gráfico, varios de estos gráficos se comparan al mismo tiempo (fechado cruzado). Mediante la comparación se puede observar similitudes en los patrones de crecimiento de los anillos. Cuando el emparejado o cruzado de todos los gráficos de crecimiento se ha realizado de manera correcta, todos los anillos de cualquier año dado se colocan en la misma línea vertical (aun cuando todavía no se le ha asignado una fecha). Después de que todas las muestras han mostrado semejanza y que los gráficos se han realizado correctamente, se

desarrolla un grafico compuesto (cronología maestra) sobre otra tira de papel milimétrico, se traza una línea promedio por cada año observado de todos los gráficos de crecimiento de cada muestra (Figura 6). Estas líneas promedio generados, no tienen una longitud específica ni los gráficos individuales, son basados en criterios de observación y de juicio personal.

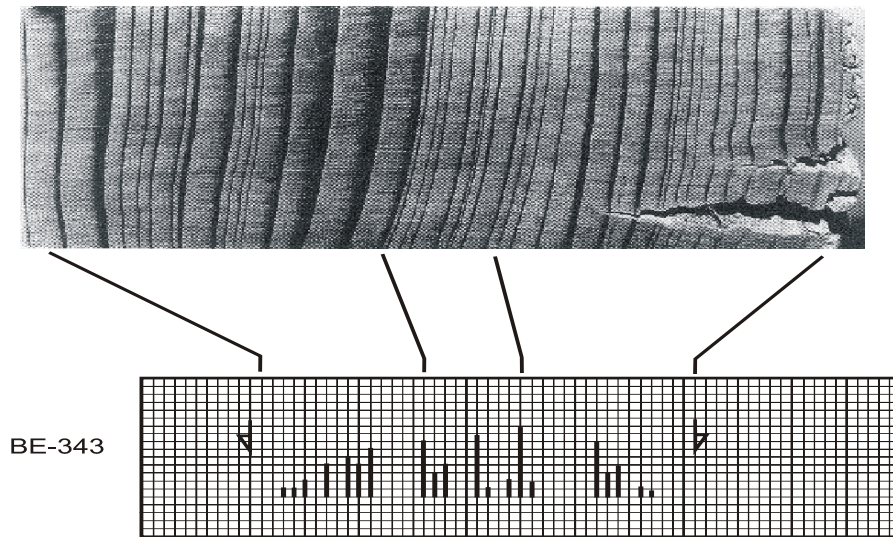


Figura 5. Grafico de crecimiento (skeleton Plot). Fuente: Stokes y Smiley, 1996.

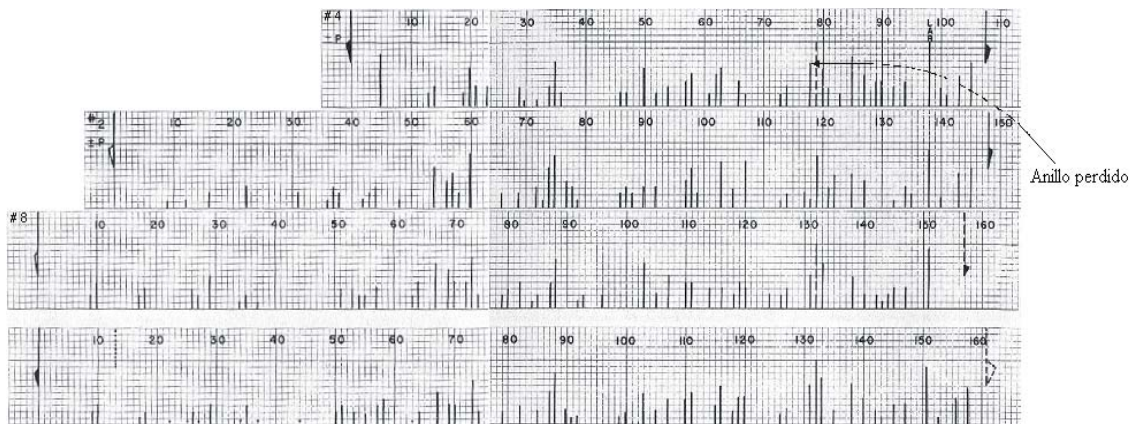


Figura 6. Gráficos de crecimiento de diferentes individuos que permite determinar la similitud de patrones de crecimiento para poder determinar un prefchado (Fechado cruzado o empalme). Fuente: Stokes y Smiley, 1996.

5.3.2. Medición de anillos anuales

Para la medición de los anillos de crecimiento anual se utilizó un micrómetro de precisión 0.001 mm y platina de fase deslizante conectado a una computadora (Robinson y Evans, 1980), con ello se obtuvo las mediciones de cada ancho de anillo y se realizó el fechado cuantitativo. Las muestras fueron medidas de una por una, deslizando la muestra sobre la platina y observándola a través de un estereoscopio con ocular reticulado (Figura 7). La medición se inició con el anillo más interno de la muestra hasta terminar con el anillo exterior (crecimiento del año). En este caso particular solo se midió la madera total (madera temprana y madera tardía) ya que la madera tardía no representa anchura considerable para poder realizar el análisis de un periodo de tiempo e inferir sobre un evento climático. Al momento de deslizar la muestra en la platina y cada vez que la cruz del retículo del ocular llegaba al límite de la madera oscura, se presiona el botón del micrómetro, obteniendo la longitud del crecimiento anual. La base de datos generados de la medición para cada una de las muestras es almacenada de manera automática en el software de medición (MeasureJ2X para Windows y Mac.)



Figura 7. Equipo utilizado para las mediciones de las muestras en el laboratorio de dendrocronología.

5.3.3 Calidad de medición y fechado

Después de que se generaron los archivos como resultado de la medición, estos son ingresados al programa COFECHA, el cual es un programa de control de calidad de medición y fechado (Holmes, 1983). Este programa genera la serie maestra, con 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 en relación con la serie maestra, permite identificar segmentos de la serie de anillos pobremente correlacionados con la serie maestra y que podría representar posibles errores de fechado o de medición, por otra parte, produce un resumen final de las estadísticas descriptivas para el conjunto total de los datos. El programa COFECHA crea un listado de anillos ausentes totales presentes en la cronología, especifica cada muestra, es decir, determina el número de anillos por muestra y el año exacto de formación de cada uno de los anillos (Grissino-Mayer, 2001).

5.3.4. Construcción de la cronología

Después de haberse evaluado la calidad de fechado y medición, la cronología de índices de anchos de anillo fue desarrollado con el programa Estandarización Autoregresiva (ARSTAN por sus siglas en inglés) desarrollado por Cook (1985); el cual consiste en ajustar cada serie de crecimiento individual, por medio de diversas funciones, tales como la exponencial negativa, recta o curva flexible (spline), con la finalidad de remover la varianza debido a factores biológicos, como edad y crecimiento radial, así como la varianza debido a la productividad entre micrositios y a cambios en el ambiente de los árboles no relacionados con el clima (Cook y Kairiukstis, 1990; Neira *et al*, 2000). Sin embargo, según estos autores, la función generalizada para la estandarización es la exponencial negativa, expresado por la siguiente ecuación.

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

Donde:

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

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

t = Tiempo

e = Base de logaritmos neperianos.

Cada serie individual genera 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.

La siguiente ecuación representa la generación de índices de crecimiento estandarizado.

$$I = W/Y$$

Donde:

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

W = Anchura medida (incremento o crecimiento anual)

Y = Anchura proyectada.

Una vez eliminada la varianza de la parte interna de cada serie de crecimiento diferente entre árboles jóvenes con crecimiento rápido y árboles viejos con crecimiento lento, 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). Al respecto Fritts (1976) menciona que una cronología tiene buen potencial dendroclimático si presenta las siguientes características: alta desviación estándar, alta correlación entre series, alta sensibilidad media, baja autocorrelación de primer orden, alta relación señal-ruido.

5.3.5. Obtención de datos instrumentales para la generación del modelo de reconstrucción climática.

Los datos climáticos se obtuvieron de la base de datos ERIC II (Extractor Rápido de Información Climatológica) del Servicio Meteorológico Nacional del periodo comprendido entre 1940 hasta 1998 y de la CNA (Comisión Nacional del Agua) del periodo 1998-2004 de las estaciones climáticas comprendidas dentro de la cuenca Nazas – Aguanaval, con un total de 69 estaciones. De las cuales se seleccionaron aquellas que presentaron mayor número de años de registro y después se correlacionaron con la serie cronológica estandarizada (Figura 8).

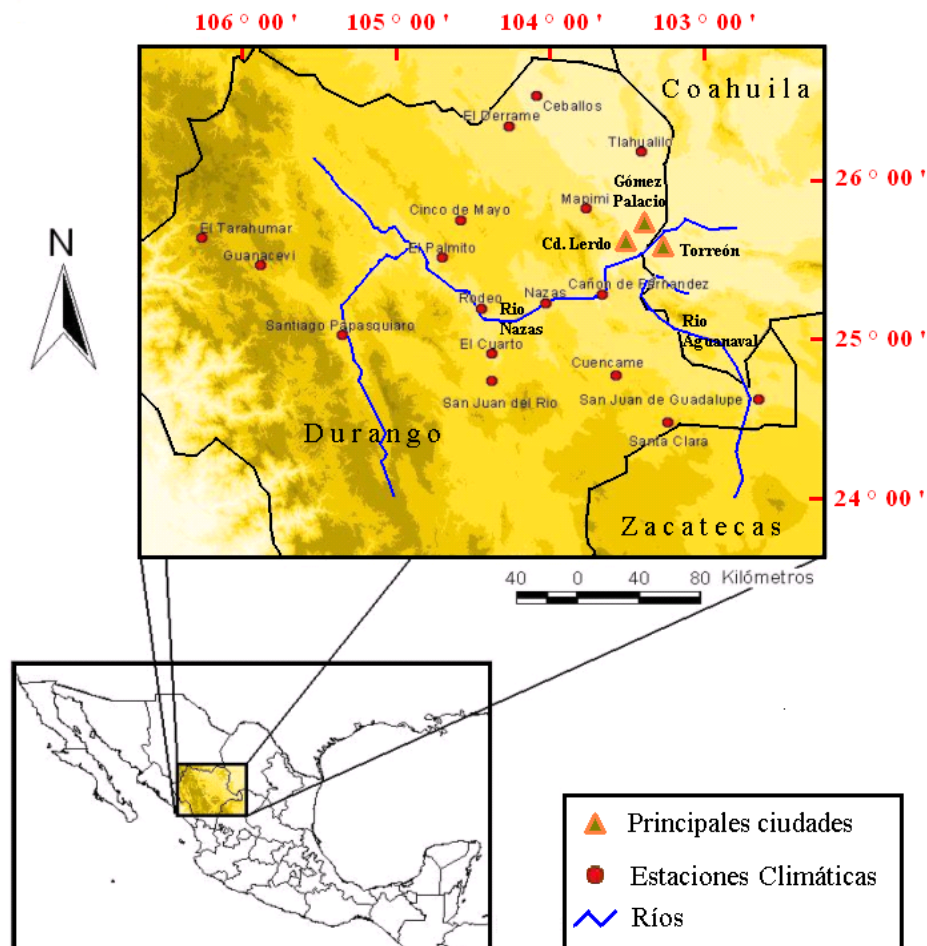


Figura 8. Ubicación de 17 estaciones climáticas con mayor numero de años de registro comprendidas dentro de la cuenca del Nazas.

Los registros de flujos hidrológicos (Figura 9) se obtuvieron de la CNA (Comisión Nacional del Agua) correspondientes a cinco estaciones de aforo para el río Nazas (Cañón de Fernández, Agustín Melgar, El Palmito, Sardinias y J, Salomé Acosta) y cuatro estaciones para el río Aguanaval (San Francisco, Presa la Flor, Canal sombreretillo y Canal la Flor). Los cuales también fueron correlacionados con la serie dendrocronológica generada con los anillos de árboles, con la finalidad de determinar si la serie responde a la precipitación que se presenta en la región o a los flujos hidrológicos, el cual es generado de manera indirecta por este factor climático.

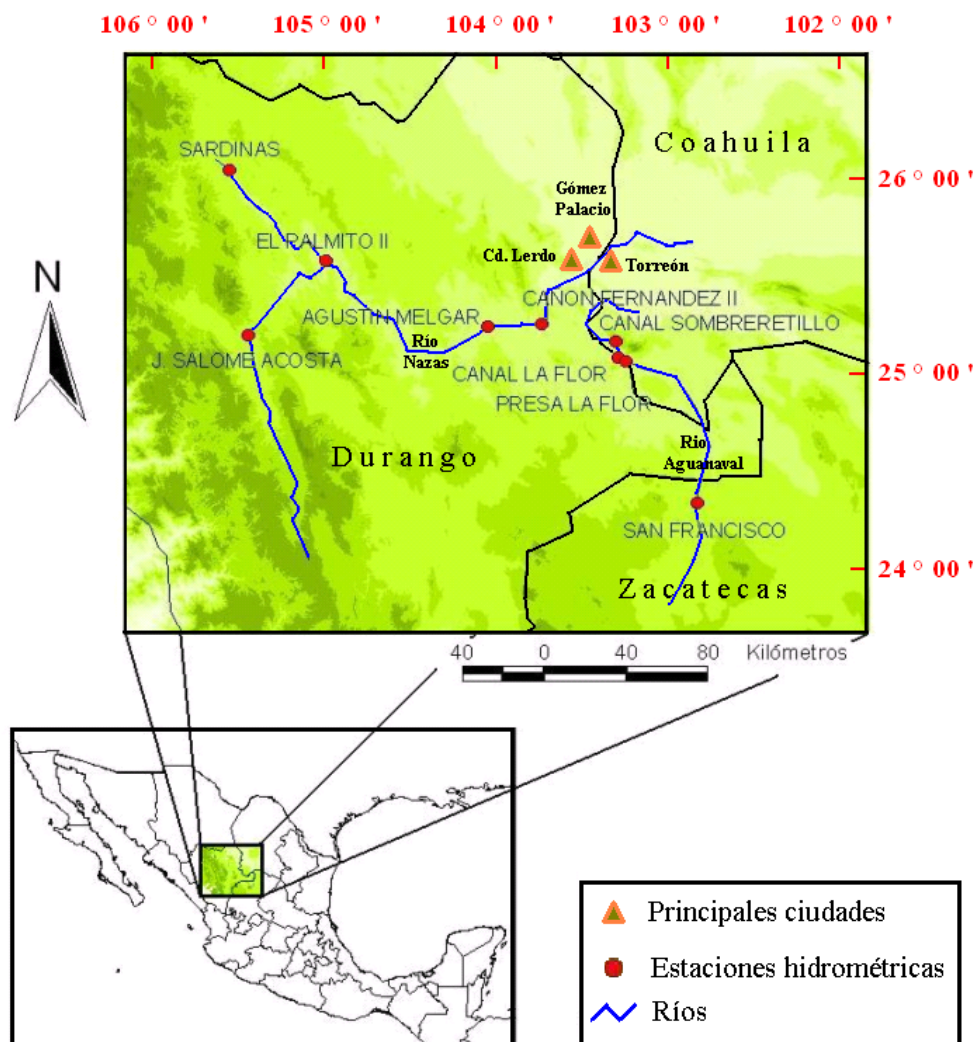


Figura 9. Ubicación de las estaciones hidrométricas comprendidas dentro de la cuenca del Nazas

Los datos fueron sometidos a diferentes análisis estadísticos tales como pruebas de Normalidad para poder determinar si los datos de flujo se distribuyen normalmente, se realizaron pruebas de correlación entre los datos de flujo con la cronología estandarizada, análisis de regresión lineal y análisis de regresión no lineales para las variables analizadas, dependiendo del mejor ajuste de los datos a modelar. Algunas de las pruebas fueron procesadas en el Sistema de Análisis Estadístico (SAS® por sus siglas en ingles) y a través de la subrutina XLSTAT® para EXCEL de Microsoft Office XP®.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Estructura poblacional de los sabinos

Para determinar la estructura poblacional del sabino en el área de estudio, se establecieron 47 transectos, de los cuales 27 (1 a 26) se ubicaron en el margen derecho y 21 (27 a 47) en el izquierdo. Las coordenadas de cada transecto se describen en el cuadro 2. La elevación de cada transecto fue prácticamente similar para todos ellos con una altitud dominante de 1,130 msnm.

Cuadro 2. Coordenadas de los puntos de muestreo, ubicados en la parte baja del Río Nazas, tramo Saporiz-Presa Francisco Zarco

MARGEN DERECHO			MARGEN IZQUIERDO		
Transecto	Latitud	Longitud	Transecto	Latitud	Longitud
1	25.452	103.723	27	25.422	103.741
2	25.438	103.734	28	25.404	103.737
3	25.438	103.734	29	25.384	103.745
4	25.436	103.735	30	25.369	103.750
5	25.426	103.736	31	25.354	103.744
6	25.424	103.735	32	25.352	103.744
7	25.404	103.735	33	25.340	103.741
8	25.385	103.738	34	25.332	103.736
9	25.384	103.739	35	25.332	103.739
10	25.374	103.741	36	25.332	103.739
11	25.374	103.741	37	25.318	103.738
12	25.373	103.741	38	25.318	103.738
13	25.365	103.745	39	25.309	103.737
14	25.365	103.745	40	25.271	103.753
15	25.359	103.737	41	25.303	103.734
16	25.319	103.735	42	25.300	103.732

Continuación...

MARGEN DERECHO			MARGEN IZQUIERDO		
Transecto	Latitud	Longitud	Transecto	Latitud	Longitud
17	25.319	103.735	43	25.290	103.733
18	25.308	103.735	44	25.279	103.738
19	25.306	103.726	45	25.276	103.742
20	25.303	103.726	46	25.274	103.755
21	25.288	103.726	47	25.274	103.755
22	25.287	103.725			
23	25.287	103.725			
24	25.280	103.731			
25	25.272	103.737			
26	25.273	103.759			

6.1.1. Frecuencia de edades

En ambas márgenes del río, de la totalidad de árboles muestreados, se encontró una dominancia de árboles con edades comprendidas en el rango de 1 a 300 años, representando el 78.8 % de estos árboles para el margen derecho y 72.5 % para el margen izquierdo, por lo que es evidente la dominancia de árboles jóvenes en ambas márgenes, sin embargo, cabe indicar que en la mayoría de los sitios muestreados no se encontró renuevos, ya que en esta área se practica el libre pastoreo de ganado caprino principalmente, el cual consume los renuevos aún y cuando la especie se caracteriza por poseer adecuada germinación (Enríquez, 2004). En ciertos lugares de difícil acceso o en áreas concesionadas y de acceso restringido y en la cual no se pastorea, se puede observar gran cantidad de renuevos con edades de uno a diez años, lo cual confirma que el ganado es uno de los factores más importantes que inhibe el establecimiento de regeneraciones.

La presencia de árboles viejos, considerados como aquéllos con edades superiores a 800 años, representaron tan solo el 3.4% para el margen derecho y 1.3% para el margen izquierdo (cuadro 3). Los árboles longevos se ubicaron

en las áreas menos perturbadas, en lecho rocoso, faldas de cerros o en sitios de difícil acceso, específicamente en los transectos 14, 17, 19, 22, 24 y 25 del margen derecho y 37, 42 y 43 del izquierdo (Figura 10). Los transectos con arbolado viejo se ubicaron en gran medida en sitios contiguos (coordenadas muy similares) de los márgenes derecho e izquierdo, caso específico son los sitios 17 y 37, 19 y 42 y 22 y 43, aunque es de notar que algunos otros se presentaron en un solo margen, lo que implica que las condiciones topográficas y edáficas de estos sitios permiten la existencia de este arbolado.

Cuadro 3. Frecuencia de edades de los árboles muestreados en el margen derecho e izquierdo del Río Nazas

Margen Derecho			Margen Izquierdo		
Categoría de edades	Numero de árboles	%	Categoría de edades	Numero de árboles	%
1-100	125	31.6	0-100	79	25.6
100-200	138	34.8	100-200	114	36.9
200-300	49	12.4	200-300	31	10.0
300-400	29	7.3	300-400	40	12.9
400-500	22	5.6	400-500	19	6.1
500-600	9	2.3	500-600	14	4.5
600-700	7	1.8	600-700	7	2.3
700-800	5	1.3	700-800	1	0.3
800-900	2	0.5	> 800	4	1.3
900-1000	5	1.3			
>1000	5	1.3			

La presencia de individuos milenarios en el área de estudio fue reportado en un estudio preliminar, donde el tamaño del diámetro no necesariamente estuvo correlacionado con la edad (Villanueva *et al.* 2003c). En este trabajo, solo 1.3 % del arbolado en el margen derecho mostró edades superiores al milenio. Por otra parte, no obstante que en el margen izquierdo no se hayan detectado individuos que superaran el milenio, estadísticamente la diferencia entre edades no fue significativo ($P>0.05$), lo cual hace creer la existencia del mismo porcentaje para este margen.

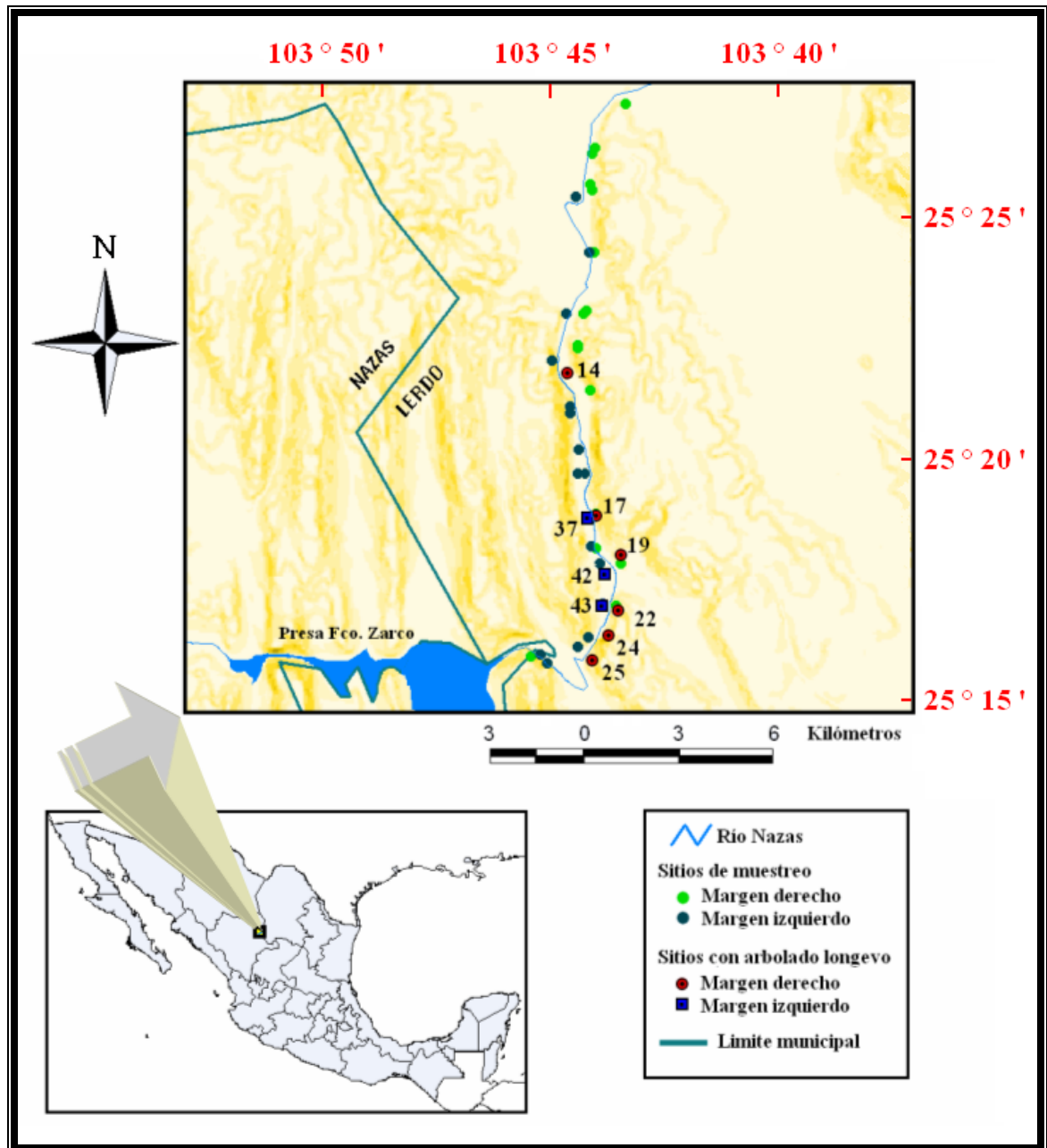


Figura 10. Sitios de muestreo y ubicación de árboles longevos con edades superiores a 800 años.

En las figuras 11 y 12 se muestra la distribución de edades de ambas márgenes, donde para el margen derecho los transectos 1 al 13, 16, 18 y 26 presentan dominancia de árboles con menos de 400 años, predominando los árboles jóvenes con edades próximas a los 100 años; caso muy similar se

puede observar en los transectos 27 al 35, 38, 45, 46 y 47 del margen izquierdo. Es importante señalar que estos transectos se ubican próximos a los centros de población tanto rural (Sapioriz, Veintiuno de Marzo, San Jacinto, La Loma, La Goma, León Guzmán) como urbana (Cd. Lerdo, Gómez Palacio y Torreón); lo cual probablemente contribuya a la ausencia de arbolado viejo, producto de acciones antropogénicas como son cambios en el uso del suelo con fines agropecuarios, destrucción de estas áreas por paseantes en actos vandálicos al provocar incendios intencionales y daños físicos directos al arbolado, etc., acciones que han contribuido a la desaparición de especímenes añejos y remoción de la regeneración. De manera contrastante, los sitios con presencia de individuos viejos, son lugares de difícil acceso o poco transitados, donde el efecto antropogénico no ha sido tan evidente y ha permitido la presencia de estos individuos longevos.

En la parte sur del área de estudio se ubica la población de Nuevo Graseros y es donde se encuentra el acceso a la presa Francisco Zarco lo que ha contribuido también a que se origine cierta presión en la vegetación de galería, ya que en esta parte tampoco se encontró arbolado longevo. El efecto de distancia entre los bosques de galería del río Nazas y los centros de población implica una relación directa con la cobertura vegetal (Valencia, 2002); es decir, entre más próximo se encuentre el bosque de galería a los centros de población disminuye la cobertura vegetal y cuanto mas alejado se encuentra de éstos, la cobertura se incrementa.

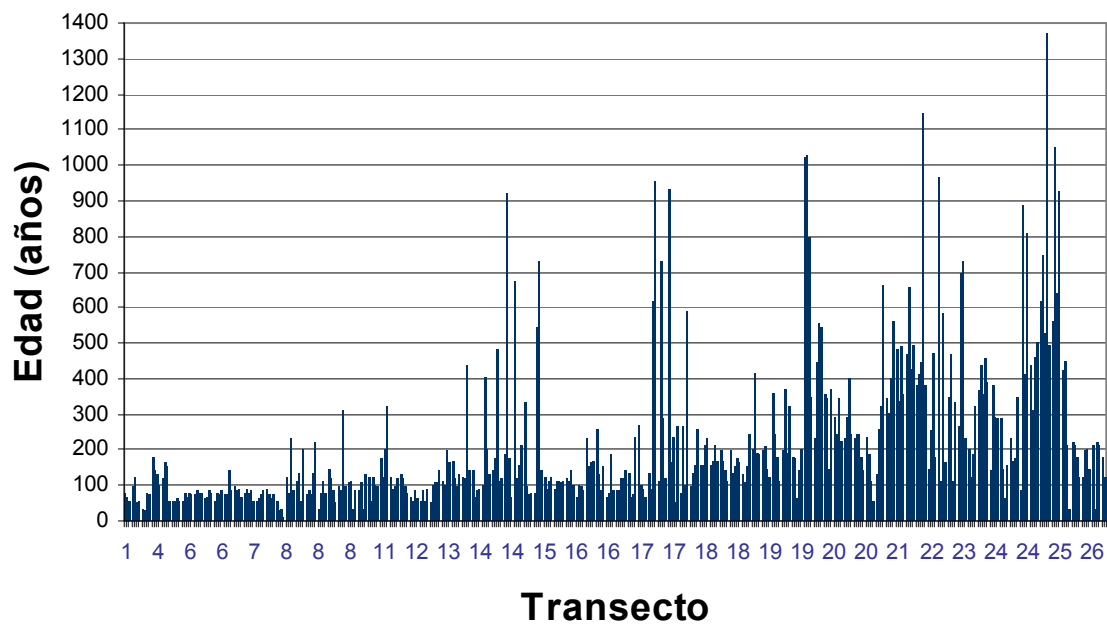


Figura 11. Distribución de las edades de los árboles en el margen derecho del Río Nazas.

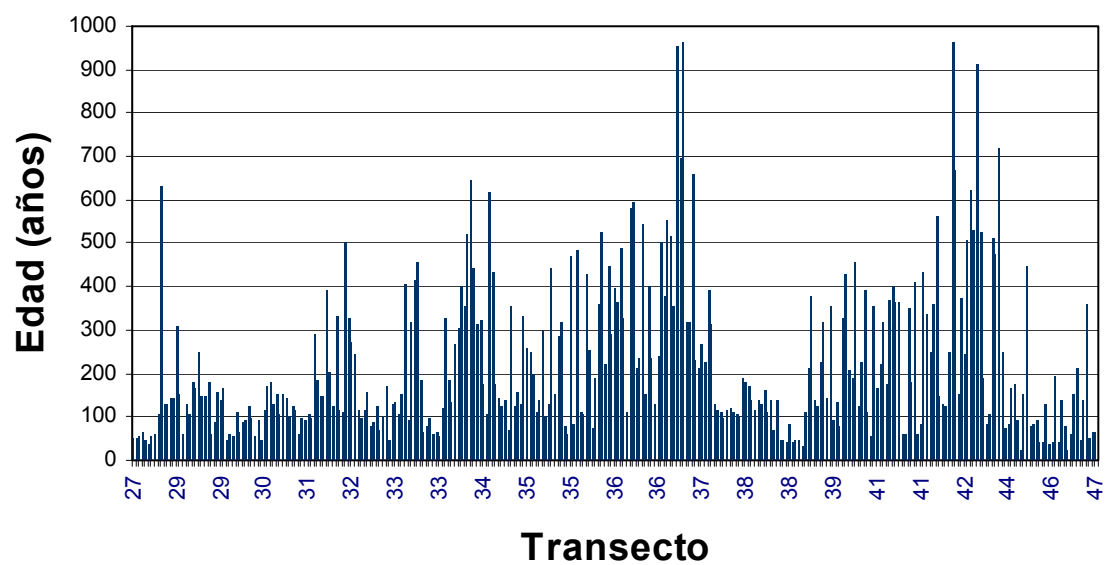


Figura 12. Distribución de las edades de los árboles en el margen izquierdo del Río Nazas.

6.1.2. Promedio de edades por transecto

Al promediar las edades por transecto se encontró, que en el margen derecho los transectos 19, 21, 22, 23, 24 y 25, mostraron edades en el rango de 300 a 650 años y el sitio 25 tuvo la mayor edad promedio (Figura 13); para el margen izquierdo las edades promedio más altas se encontraron en los sitios 36, 37, 42 y 43 con edades de 342, 459, 356 y 453 años respectivamente. Estos resultados son de gran valía para fundamentar acciones que conlleven a la preservación de estos sitios. La importancia de conservación se fundamenta no tan solo en la estabilidad del ecosistema y biodiversidad, sino también en el cúmulo de información paleoclimática contenida en estos especímenes, información proxy que puede contribuir al conocimiento de la variabilidad hidroclimática en la región, esencial para un manejo adecuado de los recursos hídricos tan importantes en esta región de México.

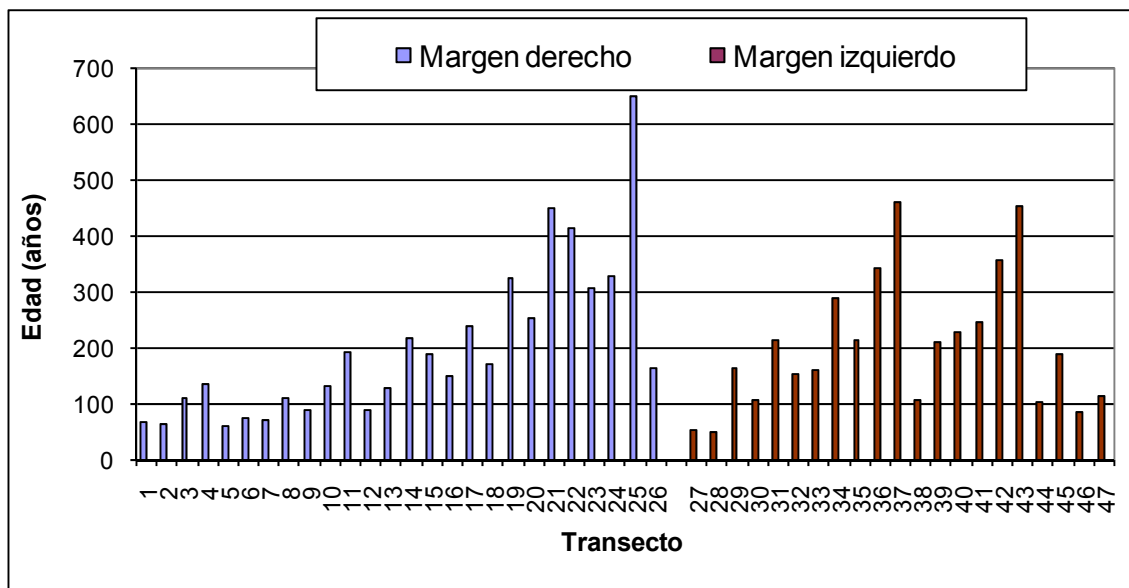


Figura 13. Edad promedio por transecto de los márgenes derecho e izquierdo del Río Nazas, en el municipio de Lerdo, Durango.

6.1.3. Análisis de varianza entre márgenes para edad de arbolado

El análisis de varianza entre el margen derecho e izquierdo con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre edad del arbolado, indicó que no existe diferencia para esta variable en los márgenes estudiados ($p > 0.05$); es decir, las edades del arbolado fueron similares entre márgenes con medias de 215.9 y 217.1 años, margen derecho e izquierdo respectivamente (Cuadro 1, Anexo 1), encontrándose gran similitud de edades de acuerdo a las características de sitio, es decir, los árboles mas longevos fueron localizados en sitios no perturbados en las faldas de los cerros con pendientes muy pronunciados en las mismas coordenadas de ubicación (contiguos entre márgenes) al igual que los árboles jóvenes, sin embargo estos ultimos fueron localizados en áreas abiertas en sitios de mayor perturbación, lo cual indica la facilidad de recuperación de esta especie.

6.1.4. Análisis de varianza entre márgenes para altura de arbolado

El análisis de varianza para la variable altura, representó diferencia significativa ($p < 0.05$). Es decir, existen diferencias en alturas del arbolado entre márgenes. El margen que presentó la mayor altura de arbolado fue el derecho con una máxima de 38.1 m, no obstante lo anterior, las alturas promedio fueron muy similares para ambos márgenes (21.14 y 20.21 m margen derecho e izquierdo, respectivamente) (Cuadro 2, Anexo 1),

6.1.5. Análisis de varianza entre márgenes para diámetro de arbolado

Con base a los resultados, se encontró que los diámetros de los árboles del río Nazas no presentan diferencia significativa entre márgenes ($p > 0.05$) (Cuadro 3, anexo 1,). Existen árboles de sabino hasta con 3.7 m de diámetro,

determinándose un diámetro promedio de 1.08 m. para ambos márgenes, pero en varios casos el diámetro está influenciado por la fusión de dos o más árboles, lo que hace que esta característica presente la apariencia de un solo árbol cuando en realidad son dos o más árboles unidos en el tronco, además en parajes con buena calidad de sitio los árboles desarrollan diámetros mas robustos.

6.1.6. Análisis de varianza entre márgenes para densidad de arbolado

Los resultados obtenidos en cuanto al análisis de densidad de población del arbolado entre márgenes no presentaron diferencia significativa ($p > 0.05$) (Cuadro 4, Anexo 1), obteniéndose densidades promedio muy similares (2.67 y 2.31 árboles 10 m^2 para el margen derecho e izquierdo respectivamente). En la figura 14 se observa que los transectos 6, 7, 13, 14, 15, 16 y 17 presentan las mayores densidades con valores de 4.3, 5.6, 5.8, 4.9, 9.6, 7.1 y 7.7 árboles m^{-2} respectivamente, y para el margen izquierdo corresponden a los transectos 30, 33, 36 y 41 con valores de 5.1, 4.1, 4.0 y 4.5 árboles.

Es importante destacar que las más altas densidades de población se presentaron también en las áreas menos perturbadas, en lugares en los que no presenta ningún cambio de uso del suelo por encontrarse en lugares poco accesibles. Por otro lado, en las áreas donde se presentó menor densidad, las alturas de arbolado fueron mayores, es decir, la competencia influye en la altura del arbolado

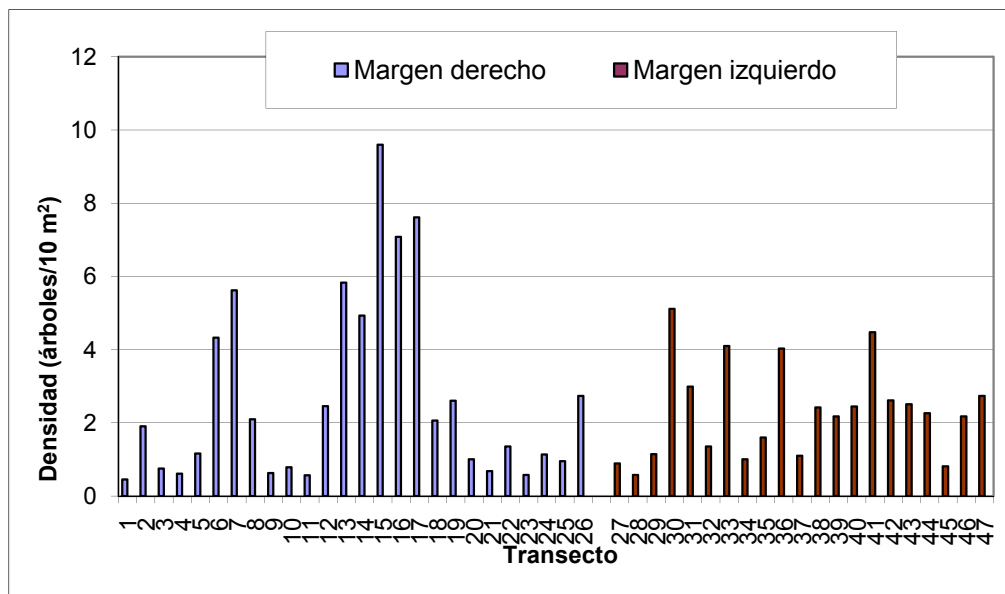


Figura 14 Densidad del arbolado por transecto en los márgenes derecho e izquierdo del Río Nazas

6.1.7. Correlación entre diámetro y edad del arbolado

El valor de correlación entre diámetro y la edad de árbol fue de 0.451, lo que implica una baja correlación pero significativo al nivel 0.05 entre el diámetro con respecto a la edad de los árboles de sabino en el Nazas, aún cuando la correlación resultó ser significativo, el análisis de regresión lineal entre estas dos variables, indicó un coeficiente de determinación (R^2) de 0.203, el cual no es significativo ($p > 0.05$) (Cuadro 4). Lo anterior queda de manifiesto con la evidencia visual del lugar, ya que existen árboles con diámetro pequeño y mucha edad y arboles con diámetros grandes con pocos años, es decir, aun cuando posea un diámetro de tronco grande no significa que sea un árbol longevo (Figura 15); por lo que la edad del arbolado es independiente del crecimiento radial relacionado más bien con otros factores entre ellos calidad de sitio.

Cuadro 4. Estadísticas de regresión entre diámetro y edad de los árboles del río Nazas.

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.451
Coefficiente de determinación R ²	0.203
R ² ajustado	0.202
Error típico	41.888
Observaciones	705

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	314984.474	314984.474	179.513	1.275E-36
Residuos	703	1233524.92	1754.658		
Total	704	1548509.39			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	84.2436519	2.37263506	35.5063674	5.793E-159	79.58535	88.9019
Edad	0.10967335	0.00818564	13.398256	1.275E-36	0.0936021	0.12574

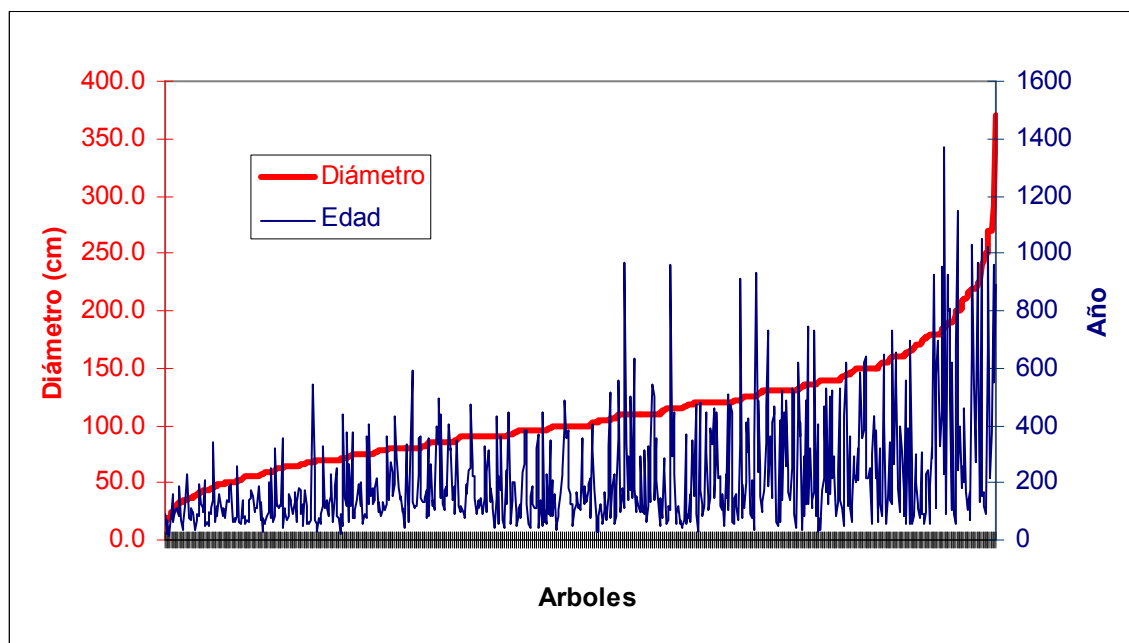


Figura 15. Tendencia de los diámetros y edades de los árboles de sabino en el Río Nazas. Esta tendencia no es significativa ($p > 0.05$).

6.1.8. Correlación entre altura y edad del arbolado

La variable altura no presentó ninguna correlación ($r = 0.07$) con respecto a la edad de los árboles (Cuadro 5), lo anterior se corrobora en la figura 16, donde se observan árboles jóvenes muy altos o árboles viejos con alturas similares a los jóvenes y aun con menos altura. Una explicación a lo anterior se debe al rápido crecimiento de los árboles jóvenes en altura y diámetro durante las primeras etapas de desarrollo; un ejemplo claro es un árbol localizado en el transecto cinco de 38 m de altura, con una edad de 59 años y un diámetro de 1.17 m. Por otro lado, los especímenes viejos en la mayoría de los casos presentan pudrición en la parte terminal (apical) lo que hace que su altura permanezca constante o disminuya. De esta manera, la altura no es un indicativo de la edad del arbolado. Algunas características que se puede encontrar en un árbol que podría decirse viejo es que presentan tallo principal y ramas espiraladas y en algunos casos exhiben menos cantidad de follaje.

Cuadro 5. Estadísticas de regresión entre altura y edad de los árboles del río Nazas.

Estadísticas de la regresión						
Coefficiente de correlación múltiple	0.0734777					
Coefficiente de determinación R²	0.00539897					
R² ajustado	0.00384004					
Error típico	188.917094					
Observaciones	640					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	123601.977	123601.977	3.4632425	0.06320692	
Residuos	638	22770008.5	35689.6685			
Total	639	22893610.5				
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	270.305886	35.4814259	7.61823628	9.3247E-14	200.631365	339.980408
Variable X 1	-3.11935724	1.67619161	-1.86097891	0.06320692	-6.41087797	0.17216349

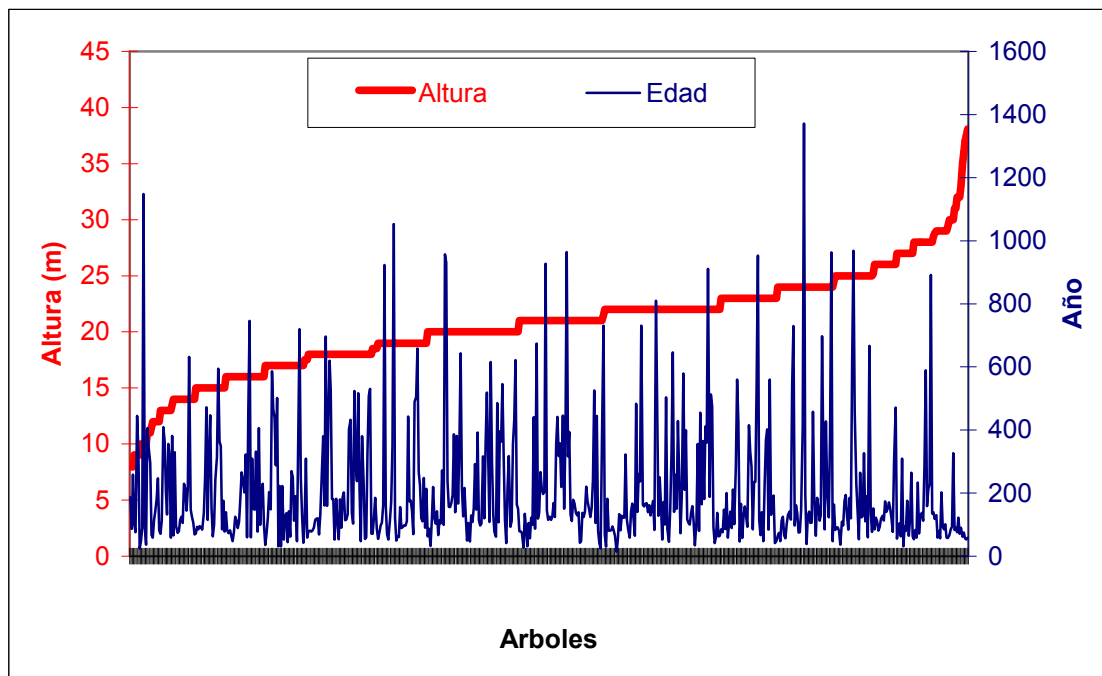


Figura 16. Tendencia de las alturas y edades de los árboles de sabino en el Río Nazas.

6.2. Análisis de la serie de tiempo con la precipitación

La serie de tiempo dendrocronológica, deriva de la medición total anual de los anillos de crecimiento de 44 núcleos o virutas de *Taxodium mucronatum*, previamente fechadas con exactitud al año de su formación, de esta manera se extendió para el período 1420 – 2004 (584 años de extensión) con un coeficiente de correlación de 0.563 entre series (Cuadro 6).

La serie dendrocronológica se correlacionó con los datos promedio de precipitación instrumental procedentes de 17 estaciones climáticas distribuidas dentro de la Cuenca del Nazas, los cuales presentaron mayor período de registro climático (Cuadro 5, Anexo 2). Los análisis de correlación indicaron que del total de estaciones, sólo 7 estaciones climáticas con 38 años de registro (1966 – 2003) mostraron una correlación significativa ($p < 0.01$) con la precipitación del verano anterior (julio, agosto, septiembre), es decir un año

previo al crecimiento anual (Figuras 17, 18). En este período ocurre el 64.5 % de la precipitación promedio anual regional que es de 323.7 mm. En contraste con la respuesta climática de *Pseudotsuga menziessi*, que responde más a la precipitación invierno-primavera (Stahle y Cleaveland, 1993; Stahle *et al.* 1999), la respuesta climática del crecimiento anual del sabino a la precipitación invernal solo representa el 7.4%.

Cuadro 6. Resumen general del COFECHA (Calidad de Fechado)

Numero de series fechadas	44
Serie Maestra 1420 2004	584 años
Total de anillos en todas las series	12576
Total de anillos checados y fechados	12568
Correlación entre series	0.563
Sensibilidad media promedio	0.391

Cabe resaltar la sensibilidad de *Taxodium mucronatum* a factores climáticos, especialmente precipitación, aun cuando la especie se encuentra prácticamente inmersa o bajo la influencia de un flujo permanente de agua o un manto freático muy superficial, esta respuesta puede tener explicación en que gran parte de sus requerimientos hídricos son extraídos del estrato de suelo superficial, de ahí que cualquier cambio en el contenido de humedad repercuta en su crecimiento (Brown y Montz, 1986) o bien que otros factores de calidad de agua como oxígeno disuelto limiten su crecimiento (Enríquez, 2005).

Las estaciones climáticas que correlacionaron significativamente con la cronología y el promedio de ellas para el periodo de julio-septiembre, fueron Cuencamé, El Cuarto y El Palmito con valores de 0.69, 0.67 y 0.79 respectivamente. El promedio de los registros de precipitación para estas estaciones mostró una correlación significativa ($p < 0.0001$) con un valor de 0.77 (Figura 19).

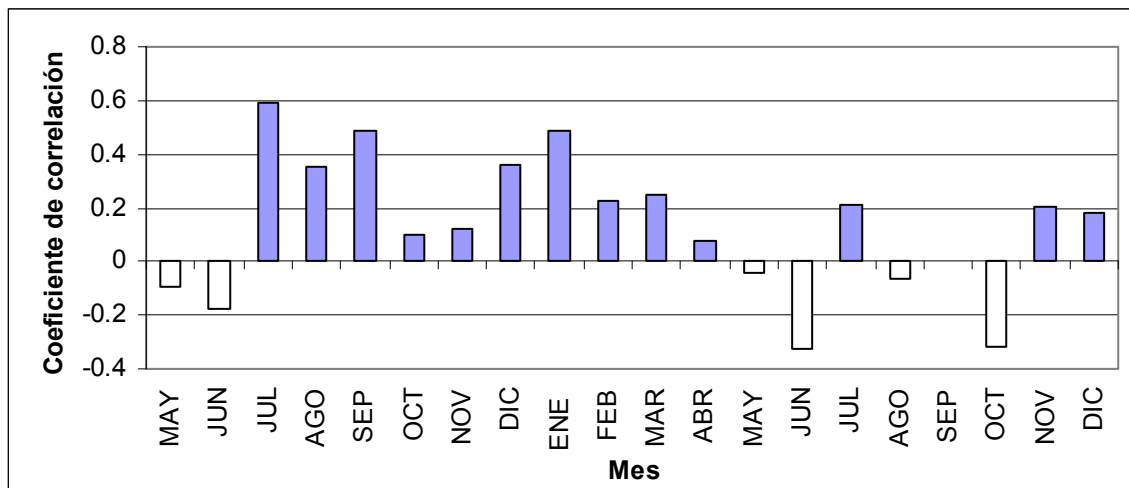


Figura 17. Coeficientes de correlación (r) entre la cronología de madera total y la precipitación media mensual de 7 estaciones climáticas de los meses de mayo previo a diciembre del año actual de crecimiento para un periodo común de 38 años.

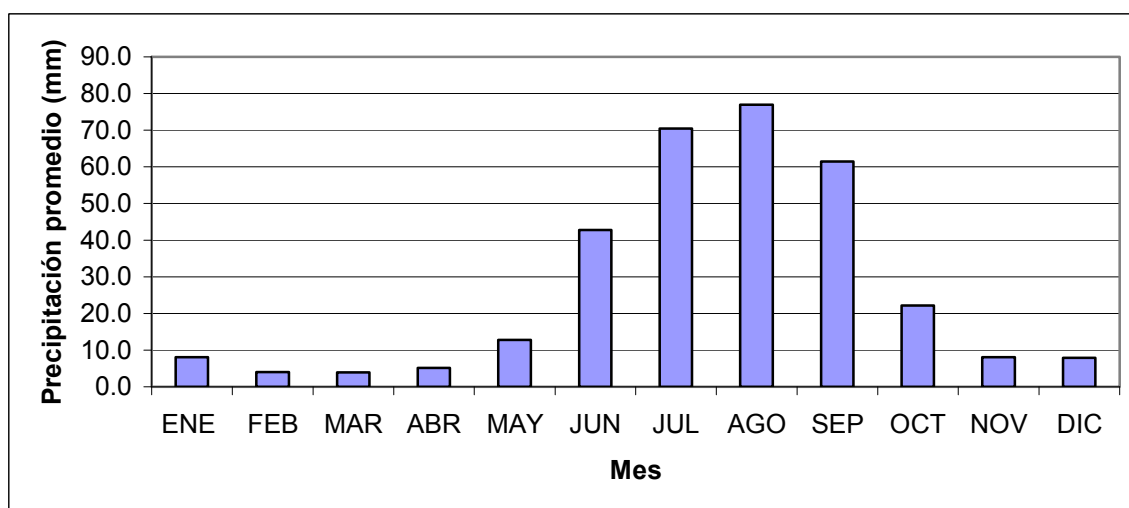


Figura 18. Precipitación promedio mensual de las estaciones climáticas Cañón de Fernández, Cinco de Mayo, Cuencamé, El Cuarto, El Palmito, Nazas y Santa Clara.

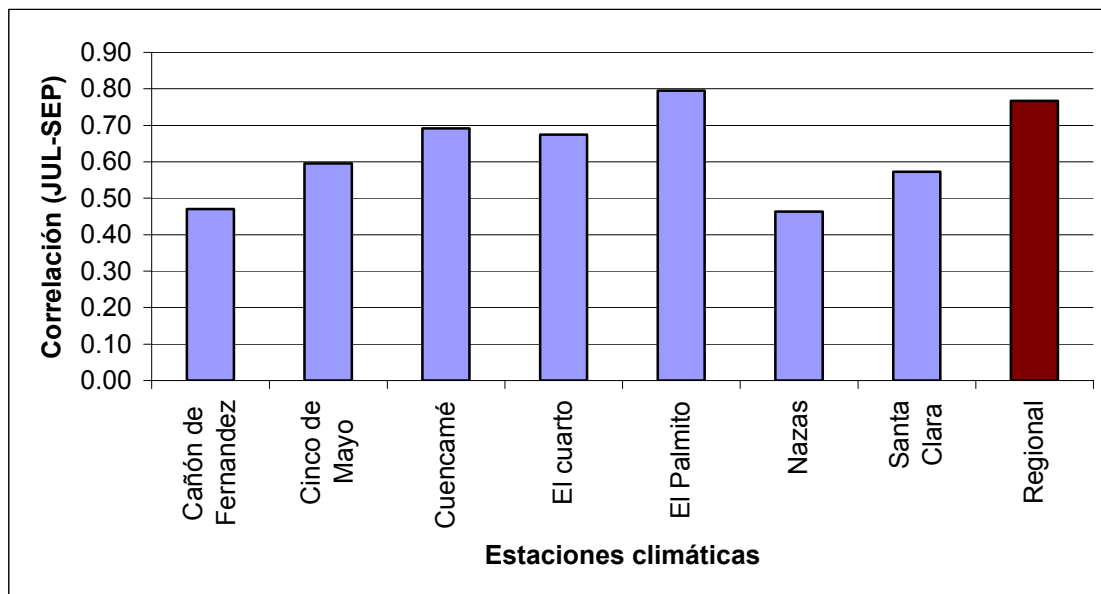


Figura 19 Coeficiente de correlación (r) de la serie cronológica con los datos de precipitación de las 7 estaciones climáticas y el promedio regional de los años 1966 a 2003, periodo julio-septiembre del año previo al crecimiento .

La precipitación en la Región Lagunera se presenta básicamente en el verano (Junio a Septiembre), lo que representa el 84.6% del total anual, mientras que la precipitación reconstruida constituye el 76.3%, lo cual demuestra la importancia de la precipitación de este período para fines de producción agropecuaria.

6.3. Reconstrucción de la precipitación de verano

Al correlacionar la cronología con la precipitación de verano (julio-septiembre) del año previo, se obtuvo una correlación de 0.77 ($p < .0001$), aunque los años de 1973, 1975 y 1995 mostraron valores atípicos, es decir, que no correlacionaron con la cronología (Figura 20).

Debido al corto periodo de registros climáticos disponibles (38 años) no fue factible en esta reconstrucción desarrollar las pruebas convencionales de

calibración y verificación, por lo que la calibración para generar el modelo de reconstrucción se fundamentó en un período de 35 años al eliminar los años atípicos de 1973, 1975 y 1995. Sin embargo, para subsanar este problema se utilizó información histórica documentada como una forma indirecta de verificación, así como la comparación de la reconstrucción generada con otras desarrolladas previamente para la misma región (González *et al.*, 2005; Villanueva *et al.* 2005).

Los resultados obtenidos muestran que la cronología de anillos de crecimiento de sabino explica aproximadamente el 70% ($R^2 = 0.69$, $p < 0.0001$) de la variabilidad en precipitación para la región (Cuadro 7).

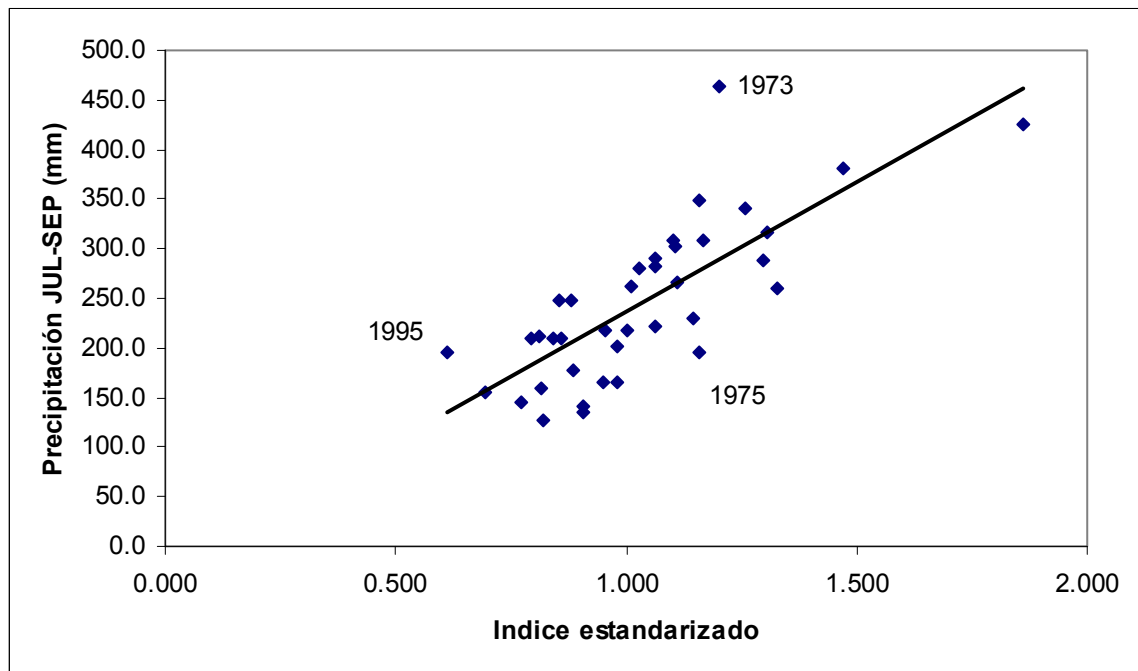


Figura 20. Gráfica de dispersión del modelo de regresión bivariado mostrando la variabilidad de la precipitación total julio-septiembre, para el período 1966-2003 en la Región Lagunera.

Cuadro 7. Estadísticas de regresión entre la serie cronológica de anillos de crecimiento de *Taxodium mucronatum* y la precipitación promedio regional correspondiente a los meses de julio a septiembre.

Estadísticas de la regresión						
Coefficiente de correlación múltiple	0.8322963					
Coefficiente de determinación R ²	0.69271714					
R ² ajustado	0.68340554					
Error típico	41.3089742					
Observaciones	35					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	126946.39	126946.39	74.3929079	5.7299E-10	
Residuos	33	56312.2346	1706.43135			
Total	34	183258.625				
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-32.8697707	32.5862425	-1.00870085	0.32045746	-99.1670322	33.4274908
Variable X 1	265.124299	30.7385775	8.62513234	5.7299E-10	202.586143	327.662454

La ecuación para la reconstrucción, generada a partir del modelo de regresión lineal simple ($y = a + bx$) para el periodo de registro comprendido entre 1966 y 2003, eliminando los años atípicos de 1973, 1975 y 1995, produjo una correlación significativa de 0.83 ($p < 0.0001$) entre los datos observados y reconstruidos (Figura 21). La ecuación de regresión lineal bivariada es la siguiente:

$$Y_t = -32.8697707 + (265.124299 * X_t)$$

Donde:

Y_t = Valor de precipitación reconstruida del período julio-septiembre para un año en particular (mm).

X_t = Índice de ancho de anillo estandarizado.

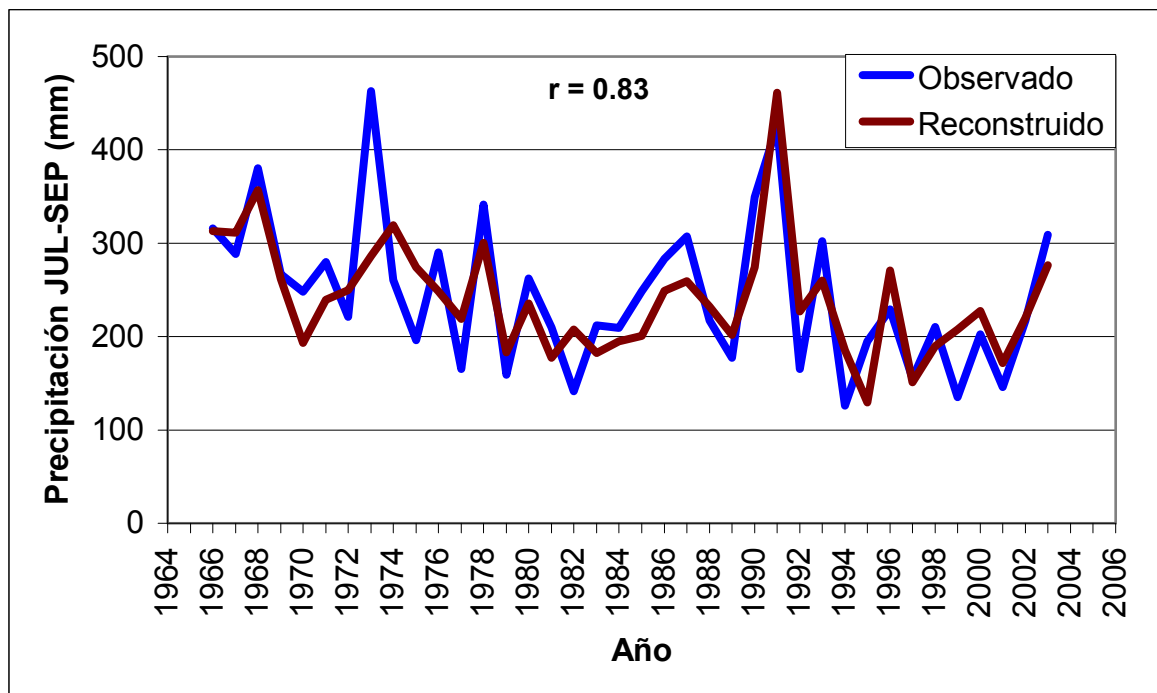


Figura 21. Comparación de precipitación observada y reconstruida del período julio-septiembre con 38 años de datos promedio para 7 estaciones climáticas.

La reconstrucción de precipitación se extiende para el período 1500 – 2003 (504 años), en la cual se puede observar una gran variabilidad interanual de alta y baja frecuencia de los patrones de precipitación estacional para esta región (Figura 22).

Sequías recurrentes entre periodos cortos y extensos se presentaron a lo largo de la reconstrucción tales como los periodos 1509-1520, 1548-1559, 1621-1622, 1684-1691, 1758-1763, 1784-1789, 1809-1811, 1846-1849, 1860-1865, 1922-1923, 1949-1956, 1962-1963, 1981-1985 y 1995-2000, donde se observa periodos de 10 años de sequía con diferentes intensidades (10-25 % por debajo de la media) como la presentada en el periodo 1686-1695 con el 22.75 % por debajo del valor medio reconstruido (232.95 mm).

Por otra parte, periodos húmedos se observan para los periodos 1524-1528, 1647-1651, 1679-1685. 1700-1703, 1740-1750, 1871-1880-, 1966-1970 y 1988-1992, cada uno con intensidades diferentes (superiores al 10% en periodos prolongados), además, se presentaron años individuales, donde la precipitación superó a la media reconstruida en más del 100 %, tal es el caso de los años 1526, 1649, 1791, 1830 y 1991.

Tanto los años individuales así como periodos secos o húmedos más importantes que se reconstruye en este trabajo se pueden localizar a detalle en los cuadros 6, 7 y 8 del anexo 3

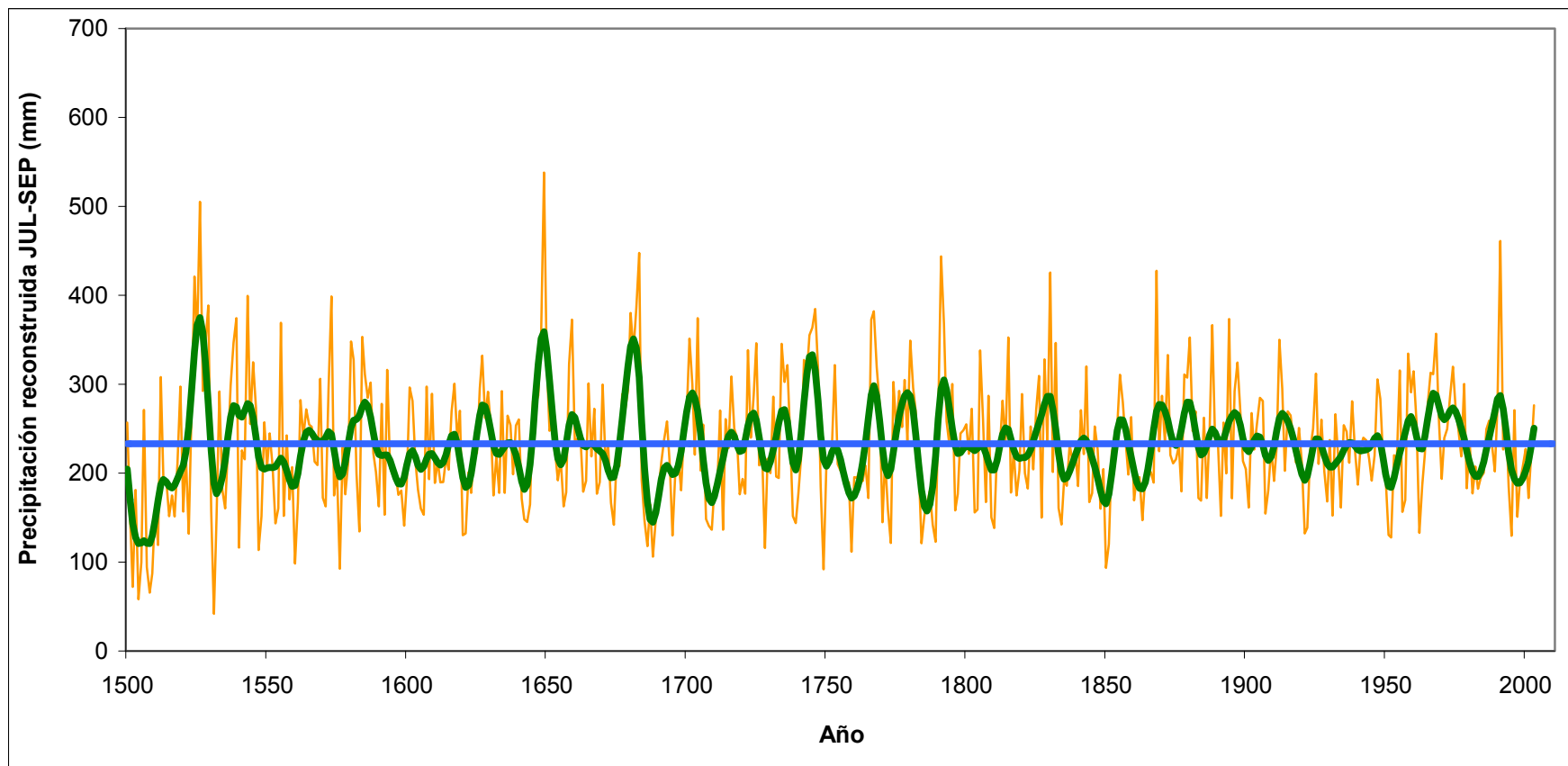


Figura 22. Precipitación reconstruida de verano (julio - septiembre) para la parte media-baja de la cuenca del Nazas.

6.4. Análisis de la reconstrucción de precipitación.

La reconstrucción de precipitación generada es analizada en términos de la sequía que se ha presentado en la región durante los pasados cinco siglos ya que estos eventos son los que han provocado más desastres en la sociedad en general y en particular para la comarca lagunera ocasionando estragos en el ramo agropecuario.

6.4.1. Análisis de las sequías en el siglo XVI

En el siglo XVI se detectaron 11 años secos como el de 1502, 1504, 1505, 1509, 1511, 1522, 1531, 1540, 1547, 1560, 1576, y 1583; los años de 1502 y 1505 se encuentran descritos en los códigos Aztecas. El código Chimalpopoca describe el impacto del hambre en el año de 1505 para el centro del México antiguo en el que abarca el período de 1332 a 1546 (Therrell *et al.*, 2004). Para el presente estudio, la precipitación de los años 1502, 1504 y 1505 representan solo el 33.1 % con relación a la media reconstruida (232.95 mm), lo que hace suponer que en el norte de México esta sequía se presentó aún con mayor severidad y el período de sequía reconstruido más largo e intenso durante el siglo XVI se presentó en durante 1501 a 1520 con una precipitación de 69.2 % con respecto a la media reconstruida. Otros periodos de sequía de larga duración se detectaron en los períodos de 1531 a 1535, 1557 a 1561 y 1595 a 1599. El año de 1558 se encuentra documentado como uno de los años de hambre y muerte para el Valle de México (Codice Teleriano-Ramensis), así, para la Región Lagunera el año de 1560 tuvo una precipitación de tan solo 42.4 % con respecto a la media regional.

A finales del siglo XVI se presentó el último período seco (1595-1599), también presente en una reconstrucción de precipitación invernal para Durango (Cleaveland *et al.*, 2003) y documentada de igual manera para el Valle de

México, en el cual se reporta un periodo de tres años de sequía (1597-1599), lo cual implica que esta sequía se extendió desde el centro hasta el norte de México, de manera que estos eventos pudiera estar ligada a la influencia de patrones circulatorios afectando gran parte del territorio nacional.

6.4.2. Análisis de las sequías en el siglo XVII

En este siglo se reporta las sequías que se presentaron en el valle de México para los periodos de 1620-1621, 1641-1642, 1667-1668 y 1691-1696 (Florescano, 1980); estos periodos también fueron reconstruidos para Durango (Cleaveland *et al.*, 2003). En la presente reconstrucción se aprecia la primera sequía con una duración de hasta 5 años (1619-1623), esto deriva probablemente de las características de aridez dominantes en la Región Lagunera, donde una caída en precipitación tiene un efecto mayor que en otras regiones con condiciones de precipitación más favorables. Es bien conocido el hecho de que entre más se prolongue un periodo seco trae consigo mayores desastres sociales y económicos, entre ellos hambrunas, epidemias y muerte. Las catástrofes demográficas de los siglos XVI y XVII se vinculan con grandes periodos de sequías (Florescano, 1980).

La sequía reportada en los años 1641 y 1642 se ve reflejado en el presente estudio extendiéndose hasta 1645 (5 años continuos); el periodo 1686-1690 se verifica con la reconstrucción para Durango realizado por Cleaveland *et al.*, (2003) con una duración de 4 años (1685-1688).

Los años 1620, 1621, 1686, 1688, y 1695 fueron los años mas secos reconstruidos para la región de estudio con el 43.7, 42.9, 48.9, 54.1 y 43.8 % en relación a la media (232.95 mm). Los años de 1686 y 1695 son reportados también como años de sequía para Michoacán y Guanajuato (Florescano, 1980). En general, el periodo de 1686-1695 se reconstruyó como uno de los

períodos más secos que han afectado la Comarca Lagunera, con tan solo el 22 % de la precipitación respecto a la media.

6.4.3. Análisis de las sequías en el siglo XVIII

En el siglo XVIII se presentaron sequías anuales en los años de 1709, 1713, 1728, 1749, 1759, 1773, 1784, y 1789, con un 40 % de precipitación inferior a la media (231.27 mm). El año de 1749 con solo el 39.7% de la precipitación media afectó prácticamente a toda la república mexicana, donde la presencia de heladas tempranas arruinaron la producción de maíz (Florescano, 1980). Los años secos de 1784 y 1785 produjeron alta mortandad de ganado vacuno en Coahuila, en esta reconstrucción el período seco se extendió de 1784 a 1788, en donde el año de 1784 presentó tan solo el 52.4 % de la precipitación media. En general el periodo de 1754 a 1763 constituye el más seco del siglo XVIII (15.93 % inferior a la media).

El primer periodo seco que se ubica entre 1706 a 1711 también se encuentra presente en otras reconstrucciones de precipitación para Durango (Cleaveland *et al.*, 2003; González, 2003).

6.4.4. Análisis de las sequías en el siglo XIX

Una de las sequías documentadas más severas a nivel nacional es la del período de 1810 a 1811 (Florescano y Swan, 1995), que originó pérdidas en cosechas; anterior a este evento, en el estado de Coahuila ocurrió un periodo seco entre 1805-1807 (Cerano, 2004). La sequía de 1810 a 1811 también se ha reportado para Durango y para el centro de México (Stahle *et al.*, 1999; Therrell *et al.*, 2002) y se corrobora en la presente reconstrucción observándose para el periodo de 1809 a 1811 una baja en la precipitación del 40.16% con respecto a la media normal (232.95 mm).

Una de las sequías más intensas en Durango se presentó en la década de 1850, lo que originó pérdida de cosechas (Florescano, 1980), dicha sequía también estuvo presente en esta reconstrucción. Sequías adicionales se presentaron de 1860 a 1864 en de Durango (Cleaveland *et al.*, 2003). Las sequías de los años 1884, 1886, 1891 y 1892 fueron eventos que ocurrieron a nivel nacional, aunque en esta reconstrucción no fueron tan intensos. En términos generales, el periodo comprendido entre 1867 a 1899 superó a la media regional en un 9.0 %, no obstante la presencia de los años secos indicados.

6.4.5. Análisis de las sequías en el siglo XX

Debido a la mayor disponibilidad de información para este siglo, en términos de registros climáticos e información documentada, se pudo corroborar de mejor manera las sequías ocurridas durante el siglo XX, así como sus repercusiones sociales y económicas.

La primera sequía del siglo se presentó durante 1907 a 1909 e impactó diferentes partes del norte y centro de México, caso específico fueron los estados de Nuevo León, San Luis Potosí, Zacatecas, Querétaro, Chihuahua y Coahuila. Para la condiciones particulares de la Comarca Lagunera, el año seco de 1908 produjo una caída de hasta el 80% en la producción de cultivos; la población de Matamoros, Coahuila; descendió en 50 % debido a la emigración de sus habitantes, en busca de una mejor vida (Florescano, 1980).

Las sequías reportadas para los años de 1921 a 1922 y 1950 a 1951 coinciden perfectamente con la presente reconstrucción. La sequía de la década de 1950 es considerada como las de mayor intensidad y extensión en el siglo XX (Villanueva *et al.*, 2005). Los años de 1950, 1951 y 1956 son identificados como años de sequía extrema en el norte de México (Florescano,

1980), con repercusiones negativas en la agricultura y en la estabilidad social, al reducir drásticamente el área agrícola en tan solo el 15 % del potencial irrigado (Comisión Nacional del Agua, 2003).

Los años de 1962 y 1970 se consideran como sequías nacionales (Florescano, 1980); en el presente estudio, estos dos años solo tuvieron el 57.4 y 83.7 % de la precipitación promedio reconstruida respectivamente. El período de 1964 a 1976 presentó un 20% de precipitación superior a la media, lapso en el cual en la Comarca Lagunera se dio un incremento en el área irrigada, superficie que superó las 100 000 ha; sin embargo, más tarde, específicamente en la década de 1990 una nueva sequía redujo la superficie agrícola a menos de 26 000 ha (Villanueva *et al.*, 2005). Este período se vio marcado por el abandono de tierras agrícolas, venta de derechos de agua, compactación de la superficie irrigada, así como emigración del campo a la ciudad e inclusive al extranjero, con los consecuentes problemas sociales y económicos derivados de este proceso.

6.5. Análisis de la serie cronológica con registros de flujo hidrológico

La cronología de anillo total de *Taxodium mucronatum* fue correlacionado con datos hidrométricos de flujo para 5 estaciones de aforo distribuidas en la cuenca del Nazas (Cuadro 9, anexo 4). El análisis de correlación para un período de 34 años (1971 – 2004) indicó una respuesta significativa ($r = 0.78$, $p < 0.0001$) entre el flujo total promedio de las 5 estaciones para el período estacional Otoño-Invierno comprendido entre el mes de Agosto del año previo a Febrero del año actual (figura 23). Nótese que existe una correlación negativa en el mes de Marzo el cual es producto de la liberación de agua en época en que no existe escurrimiento de forma natural producto del inicio del ciclo agrícola, sin embargo el periodo que correlacionó positivamente representa el 40.1 % del escurrimiento total anual correspondiente a $848.61 \times 10^6 \text{ m}^3$ determinado a partir de 34 años de registro. El flujo medio anual previamente reportado correspondiente a 17 años de registro es de $1,456.085 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Descroix et al., 1993).

El comportamiento del flujo promedio mensual de 3 estaciones de aforo involucradas en este estudio (Cañón de Fernández, Agustín Melgar y Lázaro Cárdenas), indica que el mes de Marzo posee un escurrimiento elevado ($166.52 \times 10^6 \text{ m}^3$) (Figura 24), lo cual es un flujo artificial, debido a que en esta fecha se inicia el ciclo agrícola y por lo tanto se libera agua almacenada en las presas Francisco Zarco y Lázaro Cárdenas con fines de riego, lo cual pudiera ser la causa de la baja correlación encontrada entre el flujo para dicho mes y el índice de ancho de anillo; la misma situación se presenta para los meses de Mayo, junio, julio y agosto; es decir, no se presenta flujo natural en este período. Contrariamente, las estaciones hidrométricas J. S. Acosta y Sardinias ubicadas en la parte alta de la cuenca, donde el flujo no ha sido alterado, se observa claramente que los meses de mayor escurrimiento (julio, agosto y septiembre) corresponden con los meses de mayor precipitación descrito anteriormente.

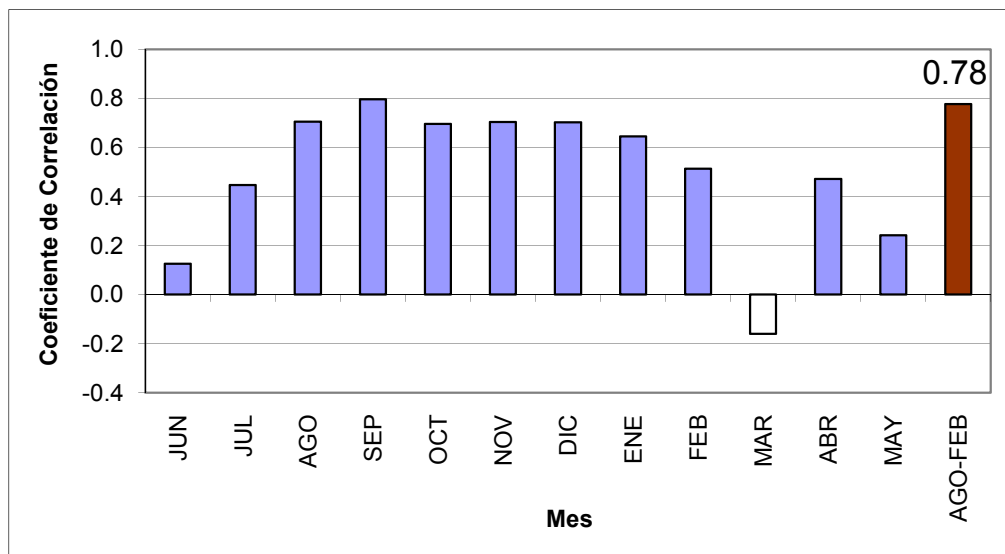


Figura 23. Coeficientes de correlación (r) entre la cronología de madera total y el flujo promedio mensual de 5 estaciones de aforo de los meses de Junio-Diciembre del año previo y Enero-Mayo del año actual para un periodo común de 34 años (1971 – 2004).

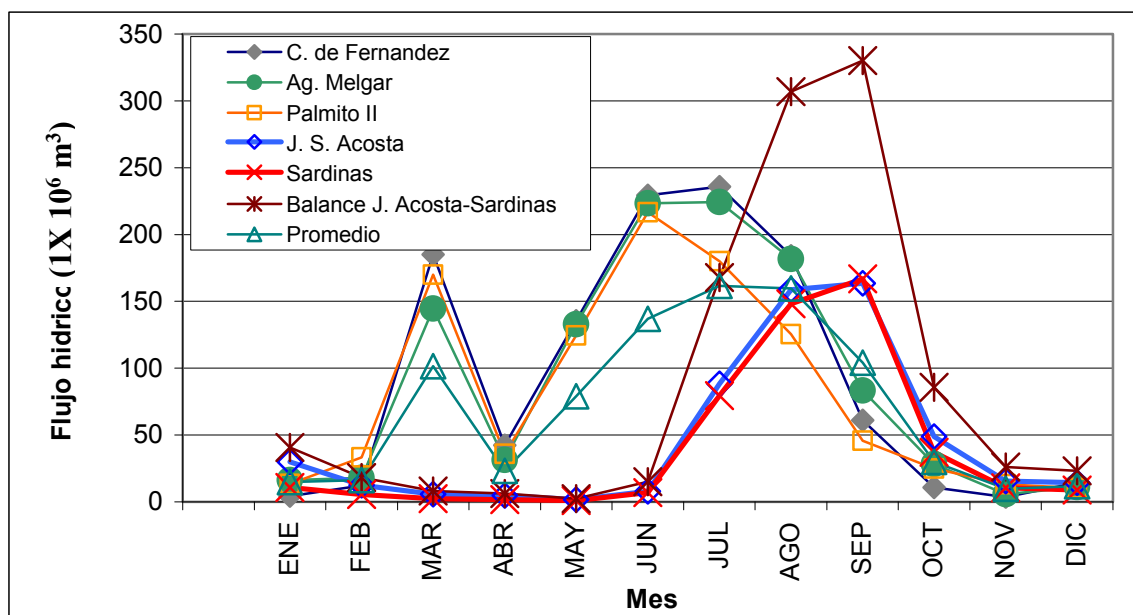


Figura 24. Distribución mensual del escurrimiento para 5 estaciones de aforo ubicadas en la cuenca del Nazas.

6.6. Reconstrucción del flujo hidrológico para la cuenca del Nazas.

Al igual que en la reconstrucción de precipitación, el corto periodo de registro disponible (34 años) no permitió realizar las pruebas convencionales de calibración y verificación, por lo que sólo se realizó la calibración para generar el modelo de reconstrucción utilizando el periodo comprendido entre 1971 a 2004.

Para analizar la normalidad de los registros de aforo se corrió la prueba de Shapiro-Wilk (= 0.651, $p < 0.0001$) y de Anderson-Darling (= 4.251, $p < 0.0001$) sugeridas por Brito *et al.* (2003). La pruebas indicaron que los registros de escurrimiento carecen de normalidad ($p > 0.05$). Con base en el resultado anterior, se procedió a correr diferentes modelos no lineales que consideran la no normalidad para determinar la mejor ecuación con fines de reconstrucción de flujo hídrico (XLSTAT® para EXCEL de Microsoft Office XP®)

La mejor ecuación de ajuste encontrado se presenta a continuación:

$$Y = \ell^{a+(x)(b)/(x+1)^c} + \ell^{d+(x)(e)/(x+1)^f}$$

Donde: Y = Valor de flujo reconstruido agosto-febrero para un año determinado (mm).

ℓ = Base del logaritmo neperiano (valor igual a 2,71828182845904)

a, b, c, d, e, f, = Parámetros constantes determinadas por el modelo

x = Índice estandarizado de ancho de anillo

Los resultados generados del análisis no lineal indican que la cronología de ancho de anillo explica aproximadamente el 90 % ($R^2 = 0.897$, $p < 0.0001$) de la

variabilidad de flujo hidrológico para el período estacional otoño- invierno, que comprende los meses de Agosto del año previo al crecimiento a Febrero del año actual (Cuadro 8; Figura 25).

Cuadro 8 Coeficientes de ajuste y parámetros del modelo utilizado en la reconstrucción de flujo.

R (coeficiente de correlación)	0.947
R ² (coeficiente de determinación)	0.897
SCR	561262862121.781

Parámetros del modelo	Valor	Desviación típica
<i>a</i>	7.412	280.941
<i>b</i>	3.340	262.257
<i>c</i>	-0.965	731.543
<i>d</i>	1.632	118.842
<i>e</i>	-26.435	297.364
<i>f</i>	-53.846	583.259

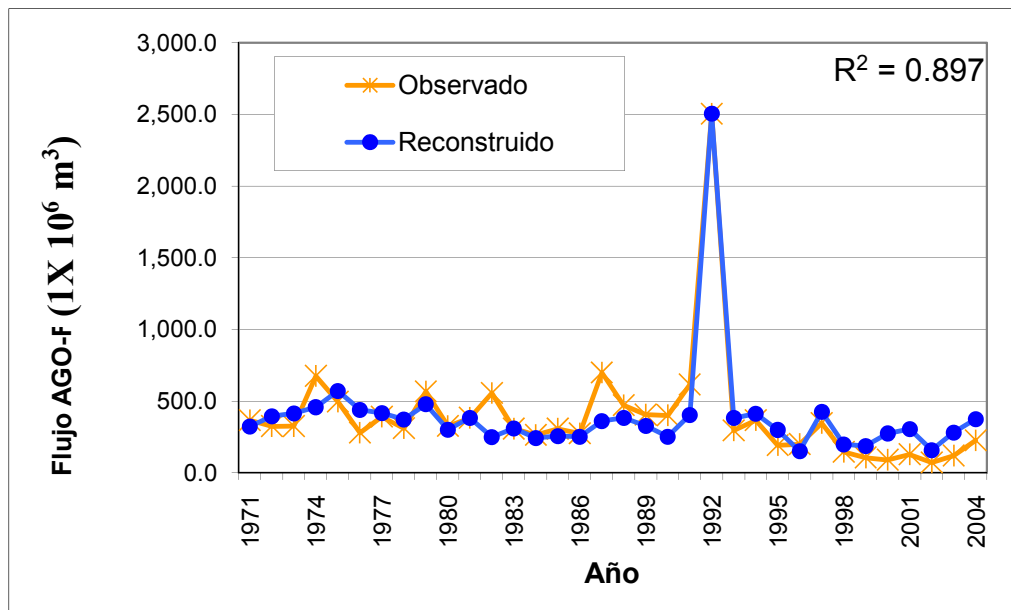


Figura 25 Comparación entre el flujo observado y el flujo reconstruido estacional otoño- invierno (Agosto-Febrero) al utilizar el aforo promedio de 5 estaciones hidrométricas para el período 1971 – 2004 (34 años).

El ajuste que presentó el modelo a los datos instrumentales de flujo fue altamente significativo (0.947, $p < 0.0001$) en el cual se observa la capacidad que el modelo presentó sobre la reconstrucción de eventos de alta magnitud (Figura 26). Si bien el flujo hidrológico del período reconstruido no es superior al 50% del total anual, si es un indicativo de la variabilidad del escurrimiento en esta región a través del tiempo (Figura 26). El flujo reconstruido comprende el período de 1510 a 2004 (495 años), del cual se obtuvo una media de $382.958 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Figura 27), en donde se observa la presencia de eventos de gran volumen hídrico fluido sobre el río Nazas superiores a los $3000 \times 10^6 \text{ m}^3$ en el periodo reconstruido.

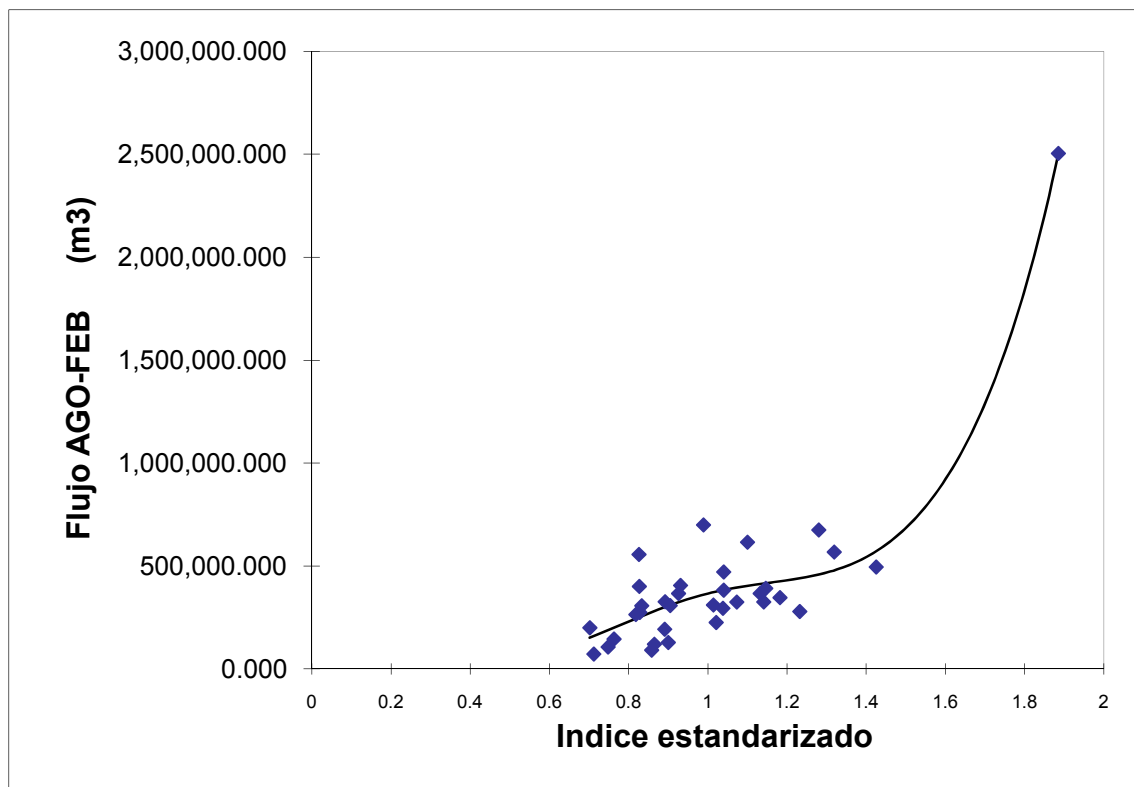


Figura 26. Gráfica de dispersión del modelo de regresión mostrando la variabilidad del flujo total estacional (Agosto-Febrero) del período 1971-2004 para cinco estaciones de aforo de la cuenca del Nazas.

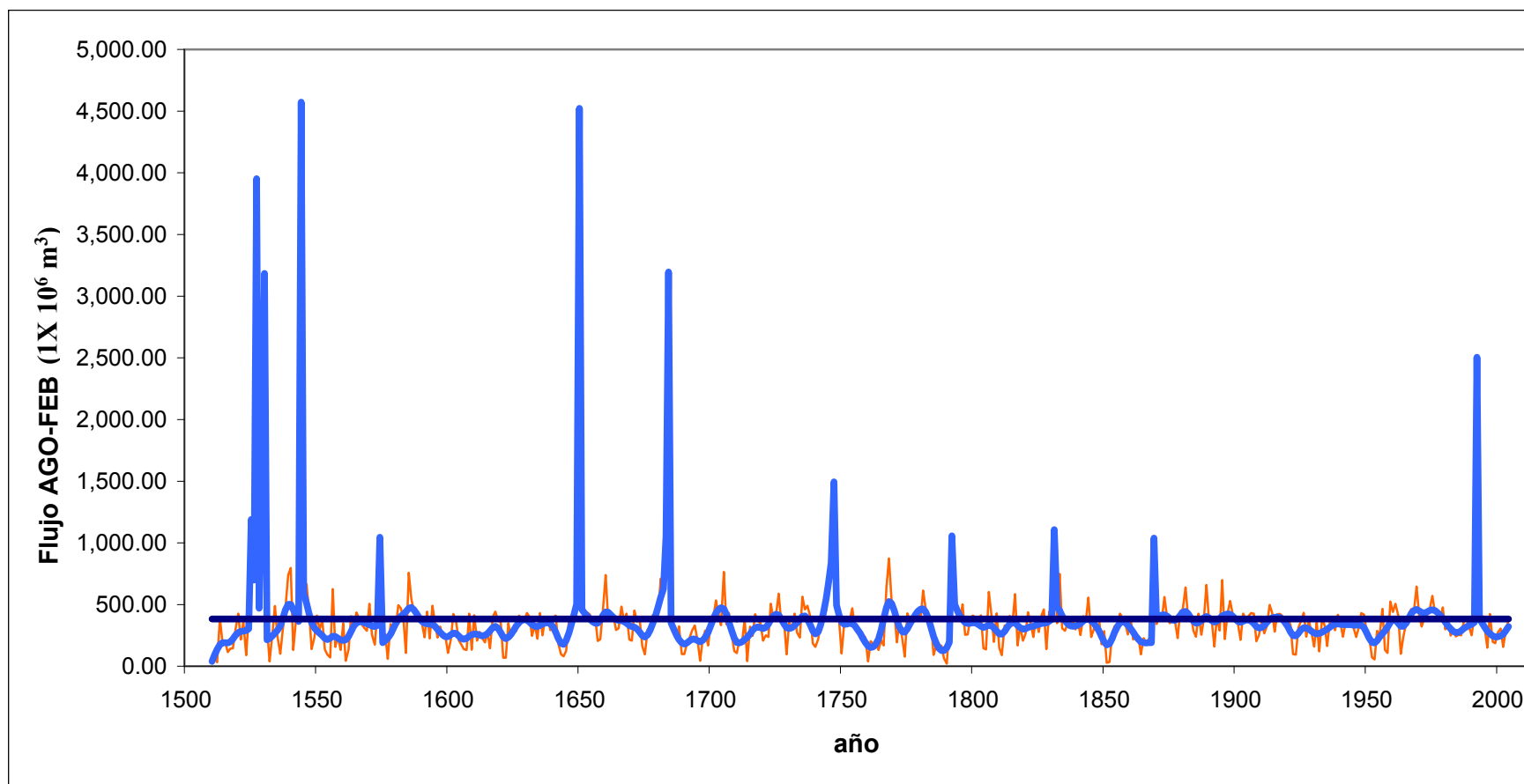


Figura 27. Reconstrucción histórica del flujo hidrológico estacional Agosto–Febrero, período 1510-2004 (495 años) para la cuenca del Nazas.

6.7. Análisis del flujo hidrológico reconstruido

La reconstrucción de flujo para esta área es de gran relevancia científica y constituye una de las primeras de esta índole que se desarrolla en esta región de México. Dentro de las reconstrucciones de flujo previamente desarrolladas para México, se encuentra la desarrollada para la Cuenca del Golfo de California (Brito *et al.*, 2004) usando como proxy cronologías de los géneros *Pseudotsuga* y *Pinus*; una más se realizó para la parte forestada de la cuenca del Nazas, a partir de los datos instrumentales de la estación de aforo Sardinias, para el período de 1765 a 1993 (Villanueva *et al.*, 2005). Esta reconstrucción de flujo es la más extensa en la actualidad con un área de influencia regional, por lo que es de gran trascendencia para entender la variabilidad del flujo de agua que ha circulado por el río Nazas en los últimos 5 siglos.

La reconstrucción de flujos, muestra la presencia de picos excesivos de agua, que ocurrieron en años muy particulares, como son los años de 1514, 1526, 1528, 1529, 1543, 1573, 1649, 1682, 1683, 1746, 1791, 1830, 1868 y 1991. Estudios previos muestran que la recurrencia de eventos extremos en períodos de retorno de 5, 10, 20 y 100 años, arrojan volúmenes esperados de 2,004.04, 2,985.45, 2,866.71 y 3,823.08 x 10⁶ m³, respectivamente (Descroix *et al.*, 1993). Estos valores, sin embargo fueron estimados con base a un limitado tamaño de muestra, es decir reducido número de registros de volumen escurrido y no consideraron la gran variabilidad hidroclimática que ha existido en el tiempo. En esta reconstrucción, los volúmenes de escurrimiento más altos superaron en mucho el promedio de flujo reconstruido (382.95 x 10⁶ m³), tan solo el periodo 1543-1544 (agosto-febrero) se reconstruyó un escurrimiento de 4,573.665 x 10⁶ m³. La presencia de estos eventos en la parte más temprana de la reconstrucción indica una ocurrencia en períodos de 12 años. A partir de 1573 y hasta 1868, estos eventos ocurren cada 45 años y de esta fecha en adelante aparece 124 años más tarde. La variabilidad de flujo en el tiempo, probablemente tenga alguna influencia antropogénica, especialmente en los

últimos 50 años, en términos de aprovechamiento forestal desmedido, sobrepastoreo, construcción de presas y de pequeños embalses y bordos de abrevadero lo que pudiera influir sobre el escurrimiento. No obstante lo anterior, los árboles de sabino en el río Nazas, resultan un proxy inigualable para efectos de analizar la variabilidad histórica del aforo que ha circulado en este río y que ha sido el principal motor de desarrollo social y económico de esta región de México.

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). Al respecto según reconstrucciones en estudios previos (Stahle *et al.*, 1998, Villanueva *et al.*, 2005) muestran cierta influencia de este fenómeno, así en el periodo que comprende 1710 a 2003 se ve favorecido en su fase calida en los años de 1717, 1725, 1752, 1805, 1855, 1870, 1880, 1888, 1894, 1904, 1925, 1947, 1958 1968, 1974 y 1992 con eventos de mayor precipitación incrementándose el flujo hídrico por arriba de la normal. De esta manera la segunda mitad del siglo XX el área irrigada para la Laguna se vio beneficiado al incrementarse la superficie agrícola (> 99 000 ha) y en su fase frío, la producción agrícola se vio mermada, al disminuirse considerablemente la superficie irrigada como los ocurridos en 1951-1952, 1962, 1970 y 1995 (Villanueva *et al.*, 2005). El periodo de tiempo entre 1510 a 1710, no fue posible comparar con este fenómeno ya que se tuvieron datos a partir de 1710, sin embargo en los años de 1514, 1526, 1528, 1529, 1543, 1573, 1649, 1682, 1683 son reconstruidos como los de altas tasas de escurrimiento, por lo que pudieron haber sido efecto de este fenómeno. Pero cabe destacar que, otros patrones de circulación atmosférica pueden contribuir sobre las condiciones hídricas en la región, tales como la presencia de huracanes en las estaciones de verano, otoño y de la incursión de masas de aire frío en la estación invernal (Magaña *et al.*, 1999).

6.8. Relación precipitación y flujo reconstruido

Al comparar la precipitación y flujo reconstruidos para el período común 1510 – 2003, se obtuvo una correlación significativa ($p < 0.001$) de 0.67 (Figura 28). A pesar de que los modelos utilizados en estas reconstrucciones fueron muy diferentes al igual que los períodos reconstruidos, la especie indica alta sensibilidad tanto a la precipitación como al flujo que pudiera ocurrir en un período determinado. La anterior aseveración se corrobora con la elevada correlación observada entre estas variables. Es importante hacer notar que los árboles son más sensibles a eventos que producen baja disponibilidad de agua, como períodos secos y responden menos a eventos excesivos de humedad (períodos húmedos). Lo anterior se debe a que la mayoría de los árboles no responden al excedente de humedad que escurre después que la capacidad de almacenamiento del suelo ha sido satisfecha. Por otra parte, el flujo escurrido en una cuenca determinada, esta en función de las condiciones previas de contenido de humedad del suelo, entre otros factores; así por ejemplo, los datos instrumentales reportan un flujo elevado en 1968, mientras que la reconstrucción no lo indica así. Sin embargo, en el año de 1991-1992, la reconstrucción indica un flujo de $2,504 \times 10^6 \text{ m}^3$ (agosto-febrero), muy similar al registrado para este periodo reconstruido ($2,505.00 \times 10^6 \text{ m}^3$). Esto indica la respuesta del modelo para reconstruir acertadamente eventos de alta magnitud.

El impacto de la variabilidad del flujo hidrológico en el Nazas, tiene que ver directamente con la superficie irrigada en la Comarca Lagunera, de ahí que el conocer su variabilidad histórica permite tomar medidas preventivas del impacto que pudiera tener una limitada disponibilidad de agua en esta región (Villanueva *et al.*, 2005) o en su efecto el desbordamiento del río Nazas como consecuencia de grandes avenidas.

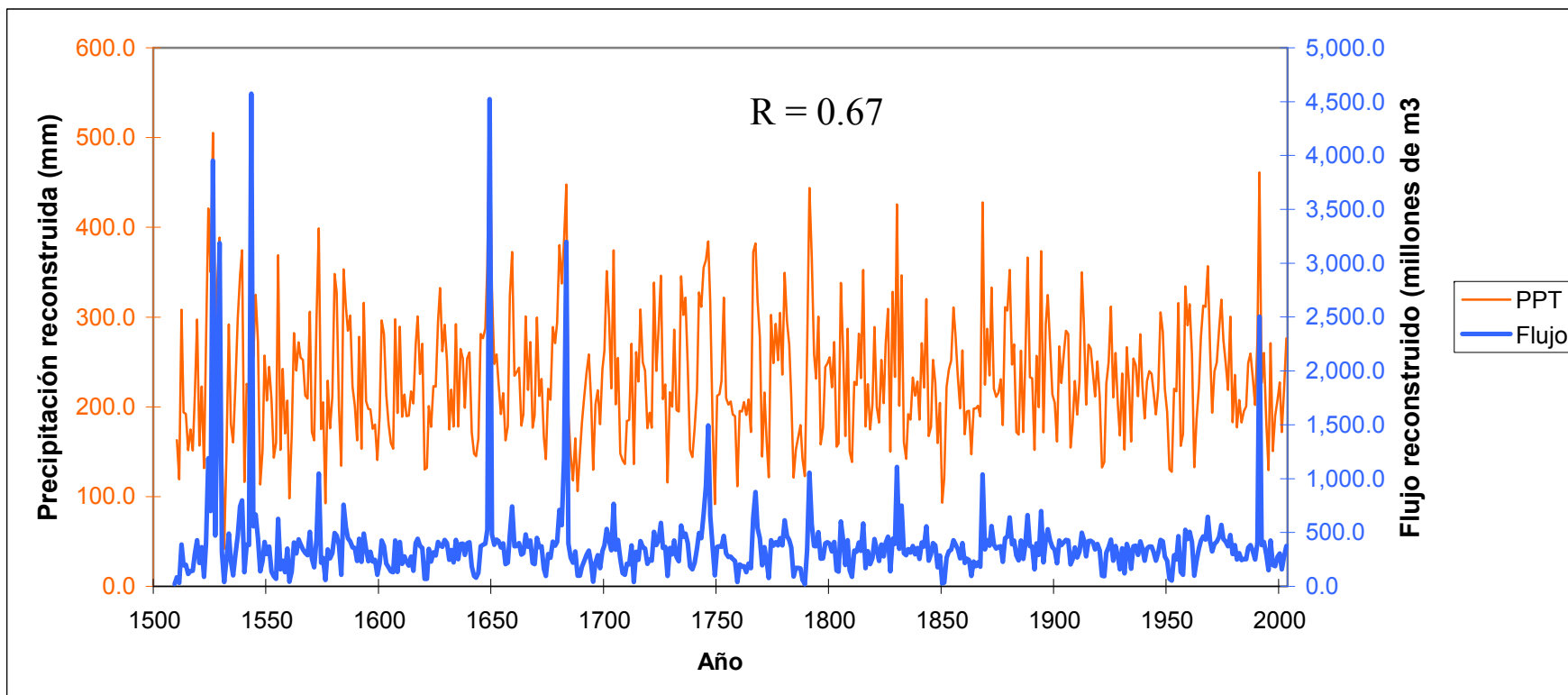


Figura 28. Comparación de la variabilidad de la precipitación (julio-septiembre) y flujo reconstruido (agosto-febrero), en la cuenca del Nazas.

No obstante las desviaciones observadas entre datos registrados y estimados, la reconstrucción desarrollada constituye un indicativo de la variabilidad hidrológica en el tiempo, corroborada tanto con datos instrumentales así como con los documentos históricos. Los tomadores de decisiones en aspectos de manejo del agua deberían de considerar esta información con el fin de desarrollar planes y estrategias de manejo del recurso hídrico para diferentes escenarios climáticos venideros presentes en esta reconstrucción.

VII. CONCLUSIONES

El arbolado de sabino en ambas márgenes del río Nazas, se encuentra dominado en alto porcentaje (75.6%) por individuos relativamente jóvenes (1 a 300 años).

El arbolado longevo, con edades superiores a 800 años, representó tan solo el 3.4% para el margen derecho del río (transectos 14, 17, 19, 22, 24 y 25) y 1.3% para el margen izquierdo (transectos 37, 42 y 43).

Comparativamente, la distribución de edades de árboles de sabino fue muy similar para ambas márgenes, no encontrándose diferencia significativa ($P>0.05$). Lo anterior implica, que las condiciones ecológicas del río Nazas en sus márgenes derecho e izquierdo, tienen un potencial similar para permitir la presencia de sabino y se puede pensar que el reclutamiento de estas áreas se ha realizado de manera simultánea.

Las variables dasométricas (altura, diámetro basal) y densidad poblacional prácticamente mostraron un comportamiento similar para ambas márgenes, corroborándose así que las condiciones ecológicas y el potencial que tiene el sitio para el crecimiento de esta especie es equiparable para ambas márgenes.

Las variables altura y diámetro no son adecuadas para estimar la edad del sabino en el río Nazas, ya que árboles longevos pueden tener diámetros de fuste y alturas relativamente inferiores que árboles con menor edad.

La cronología de anillo total de crecimientos anuales de *Taxodium mucronatum* posee adecuada calidad estadística para captar la variabilidad climática regional correlacionándose con datos instrumentales de precipitación estacional de verano (julio – septiembre) y al flujo hidrológico para cinco estaciones hidrométricas (Cañón de Fernández, Agustín Melgar, El Palmito, J. Salomé Acosta y Sardinas) ubicadas en áreas estratégicas de la cuenca del Nazas en el período Agosto – Febrero.

Los datos paleoclimáticos de precipitación reconstruidos por más de 500 años (1500 – 2003) muestran que este factor climático ha sufrido alta variabilidad interanual y multianual en el tiempo; sequías recurrentes de intensidad media y severa con efectos sociales y económicos se presentaron diferentes. Años particularmente húmedos con precipitación superior al 100% de la media reconstruida (232.95 mm) se presentaron en 1526, 1649, 1791, 1830 y 1991.

La reconstrucción de flujos, muestra la presencia de picos excesivos de agua, que ocurrieron en años muy particulares, Los volúmenes de escurrimiento más altos observados, superaron en mucho el flujo reconstruido promedio ($382.95 \times 10^6 \text{ m}^3$); así por ejemplo, en el período 1543 (agosto-febrero) se reconstruyó un escurrimiento de $4,573.665 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Se detectó una correlación significativa ($r = 0.67$, $p < 0.001$) entre precipitación y escurrimiento reconstruido, lo que indica que ambas variables están fuertemente correlacionadas.

VIII. RECOMENDACIONES

La determinación de las edades de sabino del bosque de galería del río Nazas, constituye un conocimiento fundamental para la conservación del área. La presencia de árboles milenarios en dicho ecosistema, debe ser considerado para su protección y organizaciones no gubernamentales como el “PRODENAZAS” y departamentos de ecología municipales de la Región Lagunera pueden promover acciones especiales de índole educativo y protección física directa de estos árboles, lo cual contribuirá a la protección misma del sistema ripario en su totalidad.

La falta de regeneración detectada en muchos de los transectos muestreados es un indicativo de que el sistema ripario debe aislarse del impacto del sobrepastoreo y así mismo implementar acciones de reforestación de aquellos sitios donde previamente existió arbolado, pero que fue removido para diversos fines o simplemente por vandalismo. En términos de conservación, las acciones de protección y restauración deben complementarse con estos resultados y avocarse a fomentar el reclutamiento natural y artificial de aquellos sitios sumamente perturbados y otorgarle protección especial a transectos con árboles milenarios

El conocimiento de la distribución de edades del sabino en el río Nazas, queda truncado si no se determina la dinámica estructural de las especies asociadas, lo cual genera información de la invasión paulatina de especies menos deseables y de su relación con disturbios de origen antropogénico y climático. El conocer la frecuencia de establecimiento de especies en el área de

influencia del bosque de galería, permite promover acciones de remediación y restauración de aquellos parajes más afectados.

La serie dendrocronológica generada tiene la limitante de un tamaño de muestra limitado en la etapa más temprana de la cronología (1500-1600). Es deseable por lo tanto incrementar el tamaño de muestra para robustecer, mejorar y extender en el tiempo la cronología y su sensibilidad climática. La ubicación georeferenciada de especímenes longevos de sabino en ciertos parajes del río Nazas, permite regresar a esos sitios y obtener un mayor número de muestras para extender en el tiempo la serie de crecimientos.

Análisis más detallados entre la cronología y datos climáticos locales y regionales son importantes para detectar posibles interrelaciones entre el clima de la región y aquel de otras partes del país.

Los datos reconstruidos de precipitación y flujos de agua en el río Nazas indican una alta variabilidad climática en el tiempo. Análisis de la ciclicidad de eventos de alta y baja frecuencia detectados en las reconstrucciones y su relación con fenómenos de circulación atmosférica global son muy importantes para definir el probable impacto futuro de estos patrones en la disponibilidad de agua en la región.

Es importante la generación de una red regional de cronologías de sabino, que permita verificar la influencia del clima, extender en el tiempo las cronologías y analizar el impacto de acciones antropogénicas en el desarrollo de las mismas, como es el caso de construcción de presas, acciones de contaminación y de cambios de uso del suelo. Información importante para la implementación de acciones de conservación de la especie no solo a nivel local si no también regional y nacional.

VIII. LITERATURA CITADA

Aguirre C., O., .A. Jiménez P., J. Kramer H., y A. Akça. 2003. Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. CIENCIA UANL VOL. VI, No. 2, ABRIL-JUNIO
http://www.uanl.mx/publicaciones/ciencia-uanl/vol6/2/pdf/analisis_ecosistemas.pdf (acceso 24-09-04).

Aravena J., C., A. Lara, A. Wolodarsky-Franke, R. Villalba and E. Cuq. 2002. Patrones de crecimiento arbóreo y reconstrucción de la temperatura en bosques de *Nothofagus pumilio* (Fagaceae) en el límite arbóreo superior de la Patagonia austral de Chile. *Rev. chil. hist. nat.*, jun., vol.75, no.2, p.361-376. ISSN 0716-078X.

Arroyo P., M. 1994. Estructura y composición de una isla de bosque y un bosque de galería en el parque Nacional Noel Kempff Mercado. Tesis profesional, Santa Cruz, Bolivia.
<http://www.museonoelkempff.org/informacionDis/pdf/tesis/botanica/TesisLuzmilaArroyo.pdf> (Acceso 13-10-2004).

Biondi, F., I. Galindo E., A. Burton, E. Metcalfe S., R. Cayan D., y H. Berger, W. 1999. A 400-year Tree-ring Chronology from the North American Tropics. Proceedings. *in*: 10th Symposium on Global Change Studies, American Meteorological Society. Boston, MA, pp 161-162.

Brown, C. A., and G. N. Montz. 1986. *Balcypress: The tree unique the wood eternal*. Claitor's Publishing Division, Baton Rouge, LA. 139 pp.

Bonham C., D. 1989. *Measurements for Terrestrial Vegetation*. Colorado State University. Fort Collins, Colorado. 338 pp.

Brito C., L., S. Diaz C., C. A. Salinas, Z. and V. Douglas A. 2003. Reconstruction of long-term winter streamflow in the Gulf of California continental watershed. *Journal of Hydrology* 278 39-50.

Burns, B.T., M. Drees, D. Hadley, W. Laird, D. Slaymaker and y S. Kirvin. 1994. *Proyecto de recursos Tarahumara*. Technical Report. Native Seeds/and Sonoran Institute. Tucson, Arizona.

Cardosa, J. G., J. A. Alanis y A. G. Benitez. 2003. Programa estatal de restauración de suelos forestales en Durango. *in: Memorias del XII Congreso Nacional de Irrigación*. Zacatecas, México. 13 al 15 de agosto de 2003. Pp. 1 - 8

Cerano P., J. 2004. *Reconstrucción de 350 años de precipitación invierno-primavera para Saltillo, Coahuila*. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México.

Cleaveland, M.K., D.W. Stahle, M.D. Therrell, J. Villanueva-Díaz, and B.T. Burns. 2003. Tree-ring reconstructed winter precipitation in Durango, Mexico. *Climatic Change* 59: 369-388.

Comisión Nacional del Agua. 2003. *Estadísticas de superficie irrigada del Distrito de Riego 17*. Gerencia Regional de Cuencas Centrales del Norte. Durango, México. Región Lagunera.

Cook E., R. 1985. A time series analysis approach to tree ring Standardization. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy with a Mayor in Watershed Management. University of Arizona. 171 pp.

Cook, E. R. and L. A. Kairiustkis 1990. Methods of dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 394 pp.

Dendrocronología. 2002. El árbol como indicador de cambios ambientales. <http://usuarios.lycos.es/picadura/dendrocronologia.htm#Dendroclimatología> (Acceso 15-04-2003).

Descroix, L., J. Estrada A. y C. Bouvier. 1993. Hidrometría. *In*: Estudios de los factores que influyen los escurrimientos y el uso del agua en la Región Hidrológica 36. J. L. Loyer, J. Estrada A., R. Jasso I. y L. Moreno D. (Eds). Manejo y Uso del Agua en las Cuencas Hidrográficas del Norte de México. INIFAP, CENID-RASPA; ORSTOM, DEC. Gómez Palacio, Durango, México. 367 pp.

Diaz S., C., R. Touchan And Swetnam T. W. 2001. A tree-ring reconstruction of past precipitation for Baja California Sur, México. Royal Meteorological Society. *Int. J. Climatol.* 21:1007-1019

Enríquez P., E. G. 2005. Estructura Poblacional y Demográfica de *Taxodium mucronatum* Ten. en Sistemas Riparios en el estado de Querétaro. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Querétaro, México.

Enríquez P., E. G., H. Suzan A. y G. Malda, B. 2004. Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten) en el estado de Querétaro, México.

Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Agrociencia, 38: 375-381.

Florescano E., M. 1980. Análisis histórico de las sequías en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión del Plan Nacional Hidráulico. México. 158 pp.

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.

Fule, P.Z., and W. W. Covington. 1996. Changing fire regimes in Mexican pine forests. Journal of Forestry 94(10):33-38.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. Instituto de Geografía. 246

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.

Gonzalez E., M., E. Jurado, J. Navár, M. S. Gonzalez E., J. Villanueva, O. Aguirre and J. Jiménez. 2005. Tree-rings and climate relationships for Douglas-fir chronologies from the Sierra Madre Occidental. Forest Ecology and Management 213 39-53

Grissino-Mayer, H. D. 2001. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research* 57(2): 205-221.

Holmes, R. L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69-78.

Jiménez G., G. 2001. Problemática del agua en la Región Lagunera. Recursos Naturales e Impacto Ambiental en Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas.

Jozsa, L. 1988. Increment core sampling techniques for high quality cores. Wood Science Department, Forintek Canada Corp. Special Publication No. SP-30.

Magaña, V., J. L. Prez, J. L. Vazquez, E. Carrizosa, y J. Prez. 1999. Los impactos del niño en México. Magaña, V. (ed.). Secretaria de Educación Pública, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. pp. 229.

Martínez, M. 1963. Las Pináceas Mexicanas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 3a Ed. México, D. F.

Martínez B., A. E. 2004. El ahuehuete. CONABIO. Publicación No 25. http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/ahue.html (Acceso 24-09-2004)

Meko, D., C. W. Stockton and W. R. Boggess. 1996. The tree-ring record of severe sustained drought. *Water Resources Bulletin*, No. 95043.

Morán M., R. 2001. Interacción agua- nutrientes en tres sistemas de producción en sandía *Citrullus lanatus* (Thunb) con riego por cintilla y acolchado

plástico. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango.

Naiman, R. J., H. Décamps, and M. Pollock. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications* 3: 209-212.

Neira, E. 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.

Neira, E., A. Lara. 2000. Desarrollo de cronologías de ancho de anillos para alerce (*Fitzroya cupressoides*) en Contao y Mirador, Chile. *Rev. chil. hist. nat.*, vol.73, no.4, p.693-703. ISSN 0716-078X.

Robinson, W. J. and R. Evans. 1980. A microcomputer-based tree-ring measuring system. *Tree ring bulletin*. 40: 59-64.

Rzedoski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial LIMUSA. México, D. F. 432 pp.

SEMARNAT. Dirección General de Estadística e Información. 2000. Cifras sobre la deforestación en México. <http://www.semarnat.gob.mx/produccion/rec-forestales/inv3.shtml>. (Acceso 30-04-2003).

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.

Scott, S. D. 1966. Dendrochronology in México. Papers of the Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona Press, Tucson. 80 pp.

Stahle, D. W. and M. K. Cleaveland. 1993. Southern Oscillation Reconstructed from Tree Ring of the Sierra Madre Occidental and Southern Great Plains. *Journal of Climate*, American Meteorological Society.

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., R. D. DArrigo, P. J. Krusic, M. K. Cleaveland, E. R. Cook, R. J. Allan, J. E Cole, R. D. Dunbar, M. D. Therrell, D. A. Gay, M. D. Moore, M. A Stokes, B. T. Burns, D. J. Villanueva, L. G. Thompson. 1998. Experimental dendroclimatic reconstruction of the Southern Oscillation. *Bulletin of the American Meteorological Society* 79 (10): 2137 - 2152.

Stokes, M. A., and T. L Smiley. 1996. An introduction to Tree-Ring Dating. University of Arizona Press, Tucson, Az.

Swetnam, T. W., M. A. Thomson and 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 and D. J. Villanueva, 2002. Warm season tree growth and precipitation over México. *Journal of geophysical Research* 107 (D14): ACL 6-1 ACL 6-8.

Therrell, M. D., D. W. Stahle, and R. Acuña S. 2004. Aztec drought and the "curse of one rabbit". American Meteorological Society. September / 1263-1272

Treviño G., E. J., C. Cavazos C. y O. A. Aguirre C. 2001. Distribución y estructura de los bosques de galería en dos ríos del centro sur de Nuevo León. Madera y Bosques 7(1):13-25.

Valencia C., C. M. 2002. Factores que inciden en el deterioro ecológico y social de la parte baja del río Nazas: Uso de un Sistema de Información Geográfica. Biodesert A. C. Informe Técnico Final.

Valencia, R. 1993. Arizona riparian inventory and mapping project. In: Riparian Management: Common Threads and Shared Interests. Barbara Tellman *et al.* Tech. Coord. USDA. Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. General Technical Report RM-GTR-226 Fort Collins Co. EUA. 242 p.

Villanueva, D. J., J. Cerano P., B. H. Luckman., J. Estrada A., D. W. Stahle., I. Sánchez C., M. D. Therrell y R. Morán M. 2006. Precipitación y flujo histórico de la cuenca Nazas-Aguanaval e impacto en la agricultura. CENID-RASPA, INIFAP. Folleto Científico No. 19.

Villanueva, D. J., J. Cerano P., D. W. Stahle., J. Estrada A., y V. Constante G. 2008. Potencial dendrocronológico de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco y reconstrucciones de precipitación y flujo en México. CENID-RASPA, INIFAP. Folleto Científico No. 23.

Villanueva, D. J., A. Hernández R., F. García S., E. H. Cornejo O., D. W. Stahle, M. D. Therrell y M. K. Cleaveland. 2003a. Análisis estructural de un rodal de sabino (*Taxodium mucronatum* Ten.) en los Peroles San Luis Potosí, México. REV. CIEN. FOR. EN MÉX. VOL. 28 NÚM. 94 112 P.

Villanueva, D. J., B. H. Luckman, D. W. Stahle, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland, J. Cerano P., G. Gutiérrez G., J. Estrada A., R. Jasso I. 2005. Hydroclimatic variability of the upper Nazas basin: Water management implications for the irrigated area of the Comarca Lagunera, México. *Dendrochronologia* 22 215-223.

Villanueva, D. J., D. W. Stahle, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland, F. Camacho M., P. F. Nuñez D., S. Gómez C., J. Sánchez, S. y J. A. Ramírez G. 2003b. Registros climáticos de los ahuehuetes de Chapultepec en los últimos 450 años. *Archivo histórico del agua. Boletín No. 23.* 34-43.

Villanueva, D. J., J. Cerano, P., D. W. Stahle, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland, e I. Sánchez, C. 2004. Elementos básicos de la dendrocronología y sus aplicaciones en México. Laboratorio de Dendrocronología, CENID-RASPA, INIFAP. Folleto técnico No. 2.

Villanueva, D. J., J. Cerano P. y R. Jasso I. 2003c. Algunas características estructurales de los sabinos (*Taxodium mucronatum* Ten.) en la parte baja del río Nazas. Memorias, XV Semana Internacional de agronomía FAZ-UJED

VIX. ANEXOS

ANEXO 1

Cuadro 9. Prueba t para edad suponiendo varianzas iguales de los márgenes derecho e izquierdo del río Nazas.

	<i>Variable 1*</i>	<i>Variable 2**</i>
Media	215.989899	217.142395
Varianza	42417.5746	30623.0511
Observaciones	396	309
Varianza agrupada	37250.1304	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	703	
Estadístico t	-0.07866974	
P(T<=t) una cola	0.46865885	
Valor crítico de t (una cola)	1.64702442	
P(T<=t) dos colas	0.9373177	
Valor crítico de t (dos colas)	1.9633444	

* Margen derecho

** Margen izquierdo

Cuadro 10. Prueba t para altura suponiendo varianzas iguales de los márgenes derecho e izquierdo del río Nazas.

	<i>Variable 1*</i>	<i>Variable 2**</i>
Media	21.1450151	20.21035599
Varianza	28.1492099	10.62930799
Observaciones	331	309
Varianza agrupada	19.6913262	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	638	
Estadístico t	2.663	
P(T<=t) una cola	0.004	
Valor crítico de t (una cola)	1.647	
P(T<=t) dos colas	0.008	
Valor crítico de t (dos colas)	1.964	

* Margen derecho

** Margen izquierdo

Cuadro 11. Prueba t para diámetro suponiendo varianzas iguales de los márgenes derecho e izquierdo del río Nazas.

	<i>Variable 1*</i>	<i>Variable 2**</i>
Media	105.335121	111.386408
Varianza	2472.7168	1835.81365
Observaciones	396	309
Varianza agrupada	2193.67531	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	703	
Estadístico t	-1.70213429	
P(T<=t) una cola	0.04458615	
Valor crítico de t (una cola)	1.64702442	
P(T<=t) dos colas	0.0891723	
Valor crítico de t (dos colas)	1.9633444	

* Margen derecho

** Margen izquierdo

Cuadro 12. Prueba t para densidad suponiendo varianzas iguales de los márgenes derecho e izquierdo del río Nazas.

	<i>Variable 1*</i>	<i>Variable 2**</i>
Media	2.6735562	2.30689513
Varianza	6.60469577	1.63874112
Observaciones	26	21
Varianza agrupada	4.39760481	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	45	
Estadístico t	0.59594213	
P(T<=t) una cola	0.27709988	
Valor crítico de t (una cola)	1.67942744	
P(T<=t) dos colas	0.55419976	
Valor crítico de t (dos colas)	2.0141033	

* Margen derecho

** Margen izquierdo

ANEXO 2

Cuadro 13. Matriz de correlación de Pearson entre la cronología y 17 estaciones climáticas comprendidas dentro de la cuenca del Nazas para un periodo común de 35 años (julio - agosto).

	CRN	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q
CRNarst	1	0.47076 0.0033	0.3999 0.0173	0.59554 0.0001	0.69181 <.0001	0.6747 <.0001	0.24177 0.1436	0.79462 <.0001	0.49159 0.0017	0.0572 0.733	0.32733 0.048	0.4634 0.0039	0.08765 0.6112	0.23718 0.1701	0.45597 0.0087	0.5725 0.0002	-0.1684 0.3121	0.37801 0.0193
a	0.47076 0.0033	1	0.31953 0.0655	0.71073 <.0001	0.55469 0.0004	0.5752 0.0002	0.70403 <.0001	0.62789 <.0001	0.39671 0.0151	0.25686 0.1249	0.6153 <.0001	0.2839 0.0886	0.28882 0.0924	0.32782 0.0584	0.50092 0.0041	0.52835 0.0008	-0.0872 0.6076	0.67325 <.0001
b	0.3999 0.0173	0.31953 0.0655	1	0.57131 0.0005	0.49141 0.0027	0.51026 0.0017	0.33469 0.0494	0.41313 0.0136	0.28785 0.0936	-0.1507 0.3875	0.24503 0.1625	0.20849 0.2367	0.01807 0.9205	0.21905 0.2284	0.37898 0.0426	0.45595 0.0059	-0.0534 0.7608	0.38066 0.0241
c	0.59554 0.0001	0.71073 <.0001	0.57131 0.0005	1	0.65425 <.0001	0.63256 <.0001	0.65808 <.0001	0.7641 <.0001	0.50316 0.0018	0.26665 0.1159	0.60326 0.0001	0.4326 0.0084	0.17713 0.3163	0.49987 0.0026	0.33709 0.0685	0.65675 <.0001	0.05152 0.7654	0.40674 0.0138
d	0.69181 <.0001	0.55469 0.0004	0.49141 0.0027	0.65425 <.0001	1	0.69441 <.0001	0.38879 0.0158	0.74685 <.0001	0.44786 0.0048	-0.0081 0.9615	0.47986 0.0027	0.57315 0.0002	0.0473 0.7841	0.29817 0.0819	0.56476 0.0008	0.78923 <.0001	0.08402 0.616	0.49046 0.0018
e	0.6747 <.0001	0.5752 0.0002	0.51026 0.0017	0.63256 <.0001	0.69441 <.0001	1	0.53981 0.0005	0.70829 <.0001	0.41523 0.0095	0.06266 0.7086	0.46088 0.0041	0.52121 0.0009	0.32103 0.0562	0.26434 0.1249	0.67969 <.0001	0.76585 <.0001	-0.1051 0.5301	0.43418 0.0065
f	0.24177 0.1436	0.70403 <.0001	0.33469 0.0494	0.65808 <.0001	0.38879 0.0158	0.53981 0.0005	1	0.53623 0.0005	0.27638 0.093	0.18542 0.2651	0.72899 <.0001	0.26278 0.1161	0.23569 0.1664	0.41449 0.0133	0.33293 0.0626	0.58736 0.0001	-0.0932 0.578	0.66011 <.0001
g	0.79462 <.0001	0.62789 <.0001	0.41313 0.0136	0.7641 <.0001	0.74685 <.0001	0.70829 <.0001	0.53623 0.0005	1	0.59298 <.0001	0.10886 0.5153	0.50631 0.0014	0.45903 0.0043	0.18648 0.2762	0.39402 0.0192	0.51823 0.0024	0.77005 <.0001	-0.0875 0.6012	0.45921 0.0037
h	0.49159 0.0017	0.39671 0.0151	0.28785 0.0936	0.50316 0.0018	0.44786 0.0048	0.41523 0.0095	0.27638 0.093	0.59298 <.0001	1	0.01369 0.935	0.24489 0.1441	0.32502 0.0497	0.08105 0.6384	0.13562 0.4373	0.35153 0.0485	0.40382 0.0119	0.07216 0.6668	0.21742 0.1898

Continuación ...

	CRN	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q
i	0.0572 0.733	0.25686 0.1249	-0.1507 0.3875	0.26665 0.1159	-0.00811 0.9615	0.06266 0.7086	0.18542 0.2651	0.10886 0.5153	0.01369 0.935	1	-0.076 0.6549	-0.0683 0.6878	0.04329 0.8021	-0.0215 0.9024	-0.2442 0.1781	-0.1021 0.5418	-0.0172 0.9182	0.18405 0.2687
j	0.32733 0.048	0.6153 <.0001	0.24503 0.1625	0.60326 0.0001	0.47986 0.0027	0.46088 0.0041	0.72899 <.0001	0.50631 0.0014	0.24489 0.1441	-0.076 0.6549	1	0.31399 0.0622	0.05449 0.7559	0.4652 0.0056	0.24634 0.1816	0.57946 0.0002	0.19494 0.2476	0.57198 0.0002
k	0.4634 0.0039	0.2839 0.0886	0.20849 0.2367	0.4326 0.0084	0.57315 0.0002	0.52121 0.0009	0.26278 0.1161	0.45903 0.0043	0.32502 0.0497	-0.0683 0.6878	0.31399 0.0622	1	0.04954 0.7775	0.31385 0.0707	0.34222 0.0595	0.46219 0.004	0.04478 0.7924	0.15992 0.3444
l	0.08765 0.6112	0.28882 0.0924	0.01807 0.9205	0.17713 0.3163	0.0473 0.7841	0.32103 0.0562	0.23569 0.1664	0.18648 0.2762	0.08105 0.6384	0.04329 0.8021	0.05449 0.7559	0.04954 0.7775	1	-0.0028 0.9875	0.22713 0.2192	0.25723 0.1299	-0.0915 0.5956	0.16235 0.3441
m	0.23718 0.1701	0.32782 0.0584	0.21905 0.2284	0.49987 0.0026	0.29817 0.0819	0.26434 0.1249	0.41449 0.0133	0.39402 0.0192	0.13562 0.4373	-0.0215 0.9024	0.4652 0.0056	0.31385 0.0707	-0.0028 0.9875	1	0.05266 0.7822	0.44267 0.0077	-0.0745 0.6704	0.11313 0.5176
n	0.45597 0.0087	0.50092 0.0041	0.37898 0.0426	0.33709 0.0685	0.56476 0.0008	0.67969 <.0001	0.33293 0.0626	0.51823 0.0024	0.35153 0.0485	-0.2442 0.1781	0.24634 0.1816	0.34222 0.0595	0.22713 0.2192	0.05266 0.7822	1	0.55261 0.001	-0.1111 0.5448	0.38199 0.031
o	0.5725 0.0002	0.52835 0.0008	0.45595 0.0059	0.65675 <.0001	0.78923 <.0001	0.76585 <.0001	0.58736 0.0001	0.77005 <.0001	0.40382 0.0119	-0.1021 0.5418	0.57946 0.0002	0.46219 0.004	0.25723 0.1299	0.44267 0.0077	0.55261 0.001	1	0.05943 0.723	0.40002 0.0128
p	-0.16841 0.3121	-0.0872 0.6076	-0.0534 0.7608	0.05152 0.7654	0.08402 0.616	-0.1051 0.5301	-0.0932 0.578	-0.0875 0.6012	0.07216 0.6668	-0.0172 0.9182	0.19494 0.2476	0.04478 0.7924	-0.0915 0.5956	-0.0745 0.6704	-0.1111 0.5448	0.05943 0.723	1	0.03886 0.8168
q	0.37801 0.0193	0.67325 <.0001	0.38066 0.0241	0.40674 0.0138	0.49046 0.0018	0.43418 0.0065	0.66011 <.0001	0.45921 0.0037	0.21742 0.1898	0.18405 0.2687	0.57198 0.0002	0.15992 0.3444	0.16235 0.3441	0.11313 0.5176	0.38199 0.031	0.40002 0.0128	0.03886 0.8168	1

CRN = Cronología estandarizada, a = Cañón de Fernández, b = Ceballos, c = Cinco de Mayo, d = Cuencamé, e = El Cuarto, f = El Derrame, g = El Palmito, h = El Tarahumar, i = Guanaceví, j = Mapimí, k = Nazas, l = Rodeo, m = San Juan de Guadalupe, n = San Juan del Río, o = Santa Clara, p = Santiago Papasquiaro, q = Tlahualilo.

ANEXO 3

Cuadro 14. Años secos y húmedos reconstruidos en la parte media baja de la cuenca del Nazas

1 año seco inferior al 40 % de la media (232.95 mm)				1 año húmedo superior al 40 la media (232.95 mm)			
No.	Periodo	Precipitación (mm)	%	No.	Periodo	Precipitación (mm)	%
1	1502	72.190	31.21	1	1524	421.023	182.05
2	1504	58.068	25.11	2	1525	349.970	151.32
3	1505	99.427	42.99	3	1526	505.067	218.39
4	1507	94.390	40.81	4	1528	345.728	149.49
5	1508	65.756	28.43	5	1529	388.413	167.95
6	1509	87.232	37.72	6	1538	346.523	149.83
7	1511	119.312	51.59	7	1539	374.361	161.87
8	1522	131.772	56.98	8	1543	399.548	172.76
9	1531	41.630	18.00	9	1555	369.059	159.58
10	1540	116.395	50.33	10	1573	398.753	172.42
11	1547	113.479	49.07	11	1580	348.114	150.52
12	1560	98.102	42.42	12	1581	327.434	141.58
13	1576	92.534	40.01	13	1584	353.151	152.70
14	1583	134.424	58.12	14	1627	332.206	143.64
15	1620	130.182	56.29	15	1648	356.598	154.19
16	1621	132.038	57.09	16	1649	538.208	232.72
17	1686	117.986	51.02	17	1650	329.820	142.61
18	1688	106.055	45.86	18	1659	372.505	161.07
19	1695	129.917	56.17	19	1680	380.194	164.39
20	1709	136.280	58.93	20	1681	337.509	145.94
21	1713	136.280	58.93	21	1682	385.761	166.80
22	1728	115.600	49.98	22	1683	447.535	193.51
23	1749	91.739	39.67	23	1701	351.295	151.90
24	1759	111.623	48.26	24	1704	374.361	161.87
25	1773	121.433	52.51	25	1722	338.304	146.28
26	1784	121.167	52.39	26	1725	345.993	149.60
27	1789	122.758	53.08	27	1734	345.463	149.38
28	1810	138.401	59.84	28	1742	327.434	141.58
29	1850	93.329	40.35	29	1744	355.272	153.62
30	1851	120.372	52.05	30	1745	363.491	157.17
31	1921	132.303	57.21	31	1746	384.436	166.23
31	1922	138.666	59.96	32	1766	372.505	161.07
32	1951	130.447	56.40	33	1767	382.050	165.20
33	1952	127.530	55.14	34	1780	349.174	150.98
34	1962	132.833	57.44	35	1791	443.824	191.91
35	1995	129.651	56.06	36	1792	367.468	158.89
				37	1805	338.039	146.17

Continuación...

				38	1815	352.621	152.47
				39	1828	327.964	141.81
				40	1830	425.530	184.00
				41	1832	346.523	149.83
				42	1868	427.651	184.91
				43	1872	333.002	143.99
				44	1880	352.621	152.47
				45	1888	366.407	158.43
				46	1894	373.301	161.41
				47	1912	349.970	151.32
				48	1958	334.327	144.56
				49	1968	356.863	154.30
				50	1991	461.057	199.36

Cuadro 15. Periodo de 5 años secos y húmedos reconstruidos en la parte media baja de la cuenca del Nazas

5 años secos inferior al 15 % del promedio (232.95 mm)				5 años húmedos inferior al 15 % del promedio (232.95 mm)			
No.	Periodo	Precipitación (mm)	%	No.	Periodo	Precipitación (mm)	%
1	1501-1505	112.153	48.49	1	1524-1528	352.057	152.23
2	1507-1511	105.949	45.81	2	1540-1544	270.521	116.97
3	1515-1519	190.530	82.38	3	1583-1587	271.490	117.39
4	1531-1535	191.693	82.89	4	1647-1651	335.466	145.05
5	1557-1561	193.134	83.51	5	1679-1683	332.427	143.74
6	1595-1599	193.954	83.86	6	1700-1704	279.755	120.96
7	1619-1623	195.974	84.74	7	1743-1747	314.336	135.92
8	1640-1644	195.167	84.39	8	1765-1769	278.856	120.58
9	1686-1690	157.961	68.30	9	1777-1781	282.576	122.18
10	1707-1711	177.596	76.79	10	1790-1794	285.326	123.37
11	1757-1761	179.040	77.42	11	1827-1831	277.623	120.04
12	1784-1788	170.089	73.55	12	1868-1872	270.720	117.06
13	1847-1851	176.947	76.51	13	1877-1881	268.567	116.13
14	1860-1864	189.521	81.95	14	1966-1970	279.559	120.88
15	1950-1954	194.302	84.01	15	1988-1992	273.326	118.18
16	1996-2000	193.597	83.71				

Cuadro 16. Periodo de 10 años secos y húmedos reconstruidos en la parte media baja de la cuenca del Nazas

10 años secos inferior al 15 % del promedio (232.95 mm)				10 años húmedos inferior al 15 % del promedio (232.95 mm)			
No.	Periodo	Precipitación (mm)	%	No.	Periodo	Precipitación (mm)	%
1	1503-1511	121.167	52.39	1	1521-1530	303.175	131.09
2	1552-1561	202.049	87.36	2	1537-1546	266.919	115.41
3	1591-1600	205.376	88.80	3	1579-1588	260.702	112.73
4	1604-1613	213.027	92.11	4	1645-1654	292.925	126.66
5	1635-1644	212.426	91.85	5	1675-1684	291.033	125.84
6	1686-1695	179.961	77.81	6	1697-1706	253.852	109.76
7	1706-1715	199.574	86.29	7	1740-1749	276.774	119.67
8	1754-1763	194.420	84.07	8	1774-1783	260.146	112.49
9	1781-1790	205.481	88.85	9	1790-1799	258.009	111.56
10	1844-1853	196.088	84.79	10	1823-1832	260.319	112.56
11	1858-1867	207.879	89.89	11	1871-1880	255.423	110.44
12	1948-1957	212.626	91.94	12	1966-1975	273.463	118.24
13	1993-2002	208.514	90.16	13	1985-1994	251.681	108.82

ANEXO 4

Cuadro 17. Matriz de correlación de Pearson entre la cronología y 5 estaciones hidrométricas comprendidas dentro de la cuenca del Nazas para un periodo común de 34 años (agosto-febrero).

	CRN	FDZ	AMEL	PALM	JSAC	SARD	prom
CRN	1	0.7036 <.0001	0.7717 <.0001	0.69472 <.0001	0.72008 <.0001	0.66691 <.0001	0.77742 <.0001
FDZ	0.7036 <.0001	1	0.91645 <.0001	0.89148 <.0001	0.61401 0.0001	0.62143 <.0001	0.92134 <.0001
AMEL	0.7717 <.0001	0.91645 <.0001	1	0.96602 <.0001	0.71222 <.0001	0.68055 <.0001	0.97683 <.0001
PALM	0.69472 <.0001	0.89148 <.0001	0.96602 <.0001	1	0.56129 0.0006	0.54175 0.0009	0.91153 <.0001
JSAC	0.72008 <.0001	0.61401 0.0001	0.71222 <.0001	0.56129 0.0006	1	0.91396 <.0001	0.81256 <.0001
SARD	0.66691 <.0001	0.62143 <.0001	0.68055 <.0001	0.54175 0.0009	0.91396 <.0001	1	0.79714 <.0001
prom	0.77742 <.0001	0.92134 <.0001	0.97683 <.0001	0.91153 <.0001	0.81256 <.0001	0.79714 <.0001	1

CRN= Cronología estandarizada de anillos de árboles, FDZ = Cañón de Fernández, AMEL = Agustín Melgar, PALM= El Palmito, JSAC= J. Salomé Acosta, SARD = Sardinas.

ANEXO 5

Cuadro 18. Índices estandarizado de ancho de anillo para las cronologías Estándar (S), Residual (R) y Arstan (A), de *Taxodium mucronatum*, parte baja del río Nazas, tramo Sapioriz-Presa Francisco Zarco, Lerdo, Durango.

NAZAS Std: NAZAS CRONOLOGIA											
NAZASS14201825	12070	11365	1 758	1 264	12529	12059	1 373	1 480	2 590	2	
NAZASS1430 295	2 826	2 536	2 736	2 527	2 532	21227	2 403	2 735	2 720	2	
NAZASS1440 424	21545	21118	22365	21574	21540	21056	21819	21966	2 953	2	
NAZASS14502852	22609	21609	2 941	2 745	2 758	2 663	21306	21059	21106	2	
NAZASS1460 617	21136	2 810	2 614	2 636	2 478	21248	2 757	2 711	2 463	2	
NAZASS1470 366	2 223	2 212	2 392	2 318	2 464	2 480	2 726	22777	21706	2	
NAZASS14801575	2 964	2 957	21021	21287	22343	22406	22087	23001	21091	2	
NAZASS1490 857	2 780	2 394	21094	2 750	2 485	3 494	3 811	3 677	3 857	3	
NAZASS1500 300	3 966	3 595	3 264	3 713	3 210	3 345	31121	4 421	4 308	4	
NAZASS1510 414	4 596	4 471	41052	4 761	4 765	4 651	4 692	4 695	4 887	4	
NAZASS15201192	4 787	4 996	4 610	41094	41677	41508	42010	41307	41795	4	
NAZASS15301951	4 918	4 494	4 839	41337	4 816	4 629	4 890	41302	41529	4	
NAZASS15401554	4 677	41052	41043	52050	61414	61491	61264	6 687	7 808	7	
NAZASS15501132	7 892	71011	7 683	7 618	7 573	71466	7 711	8 813	8 676	8	
NAZASS1560 971	8 509	8 679	81116	8 899	81220	81060	8 958	9 909	9 877	9	
NAZASS15701361	9 835	11 736	111216	111639	11 790	11 844	11 547	11 957	11 840	11	
NAZASS1580 902	111346	121306	121040	12 639	121537	121406	121252	121156	12 994	12	
NAZASS1590 984	13 809	131242	13 798	141340	14 968	14 806	14 925	14 804	14 821	14	
NAZASS1600 639	14 783	141183	141021	14 780	14 737	14 686	14 677	141191	14 679	14	
NAZASS16101136	14 776	14 863	14 803	14 757	14 859	14 695	141094	141242	151023	15	
NAZASS1620 984	16 570	16 570	16 970	17 804	17 917	17 874	171131	171038	171006	17	
NAZASS16301208	171094	17 824	17 948	17 794	171203	19 829	191069	191083	19 883	19	
NAZASS16401084	191126	20 746	20 620	20 593	20 668	201018	201045	201082	201386	19	
NAZASS16502047	211326	211046	211219	221161	22 991	221084	22 773	22 790	221316	22	
NAZASS16601529	221017	221019	221099	22 884	22 904	221328	221006	221189	22 787	22	
NAZASS1670 774	231265	23 997	241013	24 718	24 622	24 892	24 845	241146	241026	24	
NAZASS16801134	241514	241424	241675	241952	241091	25 850	25 789	25 927	25 626	25	
NAZASS1690 624	25 744	25 808	25 881	25 940	25 776	25 504	26 790	26 879	26 726	26	
NAZASS1700 930	271035	271391	271189	27 944	271540	27 955	271207	28 837	28 664	27	
NAZASS1710 641	27 775	27 770	291036	29 499	29 924	29 823	291169	291001	29 974	29	
NAZASS1720 775	29 829	29 812	291361	291041	291192	291440	30 985	301003	31 620	31	
NAZASS1730 984	32 887	321191	32 858	32 807	321420	321289	321339	321094	32 746	32	
NAZASS1740 711	32 790	32 972	321346	321258	321492	331603	331742	331484	331019	33	
NAZASS1750 631	331004	321017	321002	321305	32 901	32 858	32 860	32 833	32 808	32	
NAZASS1760 495	32 769	32 745	32 751	32 677	32 781	32 727	321474	321584	321398	32	
NAZASS17701258	32 759	32 998	32 798	32 586	321200	321026	321122	321036	321254	32	
NAZASS17801032	321458	321305	321194	32 992	32 612	32 728	33 729	33 723	33 557	33	
NAZASS1790 420	33 954	331642	331430	331022	331016	331356	33 835	33 838	331085	34	
NAZASS18001129	341076	35 927	351139	35 696	35 682	351450	351173	35 763	351198	35	
NAZASS1810 701	35 610	35 940	35 923	351117	35 936	351436	35 725	35 932	35 774	35	
NAZASS1820 843	351230	35 954	35 810	351058	35 864	351109	351287	35 686	351242	35	
NAZASS18301070	351656	37 968	371533	36 903	36 876	36 962	36 912	361023	36 890	36	
NAZASS1840 981	37 832	371113	371011	371414	37 811	37 891	371095	371036	37 737	37	
NAZASS1850 873	37 445	37 477	37 846	37 932	37 952	371193	371066	37 963	37 838	37	
NAZASS18601099	37 786	37 837	37 819	37 620	37 801	37 750	37 792	37 744	371637	37	
NAZASS1870 957	371198	371029	361417	351056	35 971	341004	331014	33 800	331253	33	
NAZASS18801286	331475	311064	311185	31 875	31 815	311189	31 834	311051	311487	31	
NAZASS18901018	311012	31 713	311084	30 880	301508	30 791	301202	301388	301186	30	
NAZASS19001000	30 952	30 784	301187	301044	301111	301207	301188	30 769	30 827	30	
NAZASS1910 994	31 850	31 929	311350	311218	31 865	311169	311179	311113	31 957	31	
NAZASS19201074	32 946	32 626	32 615	32 910	32 999	321212	32 814	321019	32 862	32	
NAZASS1930 713	32 979	32 660	321070	32 937	32 720	321016	321027	32 881	321154	32	
NAZASS1940 977	32 814	30 972	301011	301008	30 918	30 811	30 910	301210	301153	30	
NAZASS1950 860	30 812	30 572	30 537	30 876	30 827	301296	30 678	30 640	301382	30	
NAZASS19601234	301361	291136	29 627	29 811	29 974	291171	291295	291216	291478	29	
NAZASS19701160	29 926	291073	291141	291280	291425	291232	291146	291014	291319	28	
NAZASS1980 892	281040	28 826	27 905	27 818	27 833	27 828	27 989	271040	27 931	27	
NAZASS1990 827	271100	271885	271038	271132	27 891	27 702	271182	27 763	26 748	26	
NAZASS2000 858	26 900	24 712	24 865	241021	249990	09990	09990	09990	09990	0	
NAZASR14239990	09990	09990	0 501	1 259	12744	11843	1-100	1 147	1 732	1	
NAZASR1430 504	21092	2 746	2 933	2 728	2 716	21455	2 478	2 851	2 922	2	

NAZASR1440	573	21751	21123	22252	21229	21105	2 821	21703	21767	2 576	2
NAZASR14502616		22178	2 811	2 404	2 595	2 826	2 784	21464	21082	21027	2
NAZASR1460	575	21212	2 878	2 648	2 783	2 664	21468	2 833	2 721	2 590	2
NAZASR1470	569	2 505	2 558	2 772	2 658	2 777	2 774	2 989	22974	21361	2
NAZASR14801047		2 666	2 856	21050	21308	22288	22055	21483	22439	2 396	2
NAZASR1490	424	2 771	2 478	21297	2 879	2 480	2 672	3 896	3 871	3 952	3
NAZASR1500	465	31199	3 716	3 423	3 987	3 450	3 662	31317	3 434	3 409	4
NAZASR1510	642	4 940	4 671	41341	4 754	4 771	4 730	4 877	4 802	41004	4
NAZASR15201273		4 611	4 966	4 665	41261	41723	41185	41775	4 900	41286	4
NAZASR15301564		4 599	4 366	41004	41475	4 773	4 664	41023	41287	41352	4
NAZASR15401347		4 343	41049	41085	41692	5 924	51195	61072	6 499	6 855	6
NAZASR15501286		6 934	71021	7 869	7 666	7 835	71636	7 577	7 998	8 792	8
NAZASR1560	966	8 569	8 880	81316	8 970	81058	81002	81028	8 915	9 938	9
NAZASR15701333		9 717	9 751	91353	111605	11 561	11 839	11 569	111195	11 891	11
NAZASR1580	933	111449	111208	12 689	12 613	121622	121274	121038	121152	12 885	12
NAZASR1590	910	12 820	121291	13 703	131347	13 846	14 827	14 925	14 841	14 889	14
NAZASR1600	720	14 938	141307	141099	14 796	14 779	14 808	14 830	141367	14 801	14
NAZASR16101171		14 777	14 933	14 900	14 894	141011	14 910	141153	141213	14 904	14
NAZASR16201095		15 590	15 732	151070	16 876	161002	17 949	171212	171295	17 955	17
NAZASR16301141		171028	17 775	171041	17 868	171297	17 752	171115	191076	19 825	19
NAZASR16401109		191105	19 734	20 729	20 798	20 887	201280	201103	201079	201358	19
NAZASR16501999		191011	19 825	211131	211067	21 936	221013	22 788	22 875	221424	22
NAZASR16601439		22 778	22 928	221074	22 841	22 929	221337	22 896	221105	22 749	22
NAZASR1670	881	221351	23 875	23 962	24 755	24 732	241096	24 956	241211	241061	24
NAZASR16801131		241473	241224	241417	241645	24 608	24 680	25 789	25 998	25 683	25
NAZASR1690	799	25 910	25 956	251007	251044	25 839	25 609	251012	261042	26 816	26
NAZASR17001059		261101	261391	271098	27 813	271542	27 800	271072	27 718	27 756	26
NAZASR1710	811	27 956	27 894	271159	27 571	291142	29 997	291255	29 979	29 953	29
NAZASR1720	789	29 930	29 888	291475	29 931	291106	291365	29 777	29 967	30 621	30
NAZASR17301103		30 982	311216	32 792	32 827	321487	321169	321193	32 919	32 665	32
NAZASR1740	804	32 971	321063	321371	321155	321289	321324	331402	331149	33 721	33
NAZASR1750	562	331184	321082	32 996	321301	32 785	32 848	32 958	32 909	32 905	32
NAZASR1760	595	32 989	32 944	32 915	32 846	32 924	32 799	321582	321433	321062	32
NAZASR17701000		32 624	321091	32 857	32 682	321407	321016	321124	32 971	321213	32
NAZASR1780	960	321417	321150	321028	32 881	32 626	32 877	32 919	33 898	33 703	33
NAZASR1790	653	331239	331784	331215	33 791	33 916	331331	33 738	33 863	331168	33
NAZASR18001082		331047	33 898	341143	35 687	35 788	351530	351037	35 638	351242	35
NAZASR1810	689	35 717	351131	351014	351169	35 909	351401	35 678	35 971	35 857	35
NAZASR1820	973	351290	35 811	35 790	351137	35 904	351157	351250	35 576	351406	35
NAZASR1830	973	351684	35 697	351356	35 690	35 711	361042	36 929	361064	36 904	36
NAZASR1840	966	36 818	371183	37 940	371304	37 666	37 806	371195	37 999	37 713	37
NAZASR1850	949	37 540	37 727	371134	371060	371005	371208	371060	37 915	37 865	37
NAZASR18601184		37 781	37 910	37 936	37 727	37 964	37 926	37 903	37 853	371765	37
NAZASR1870	771	371074	37 979	361384	35 902	35 885	331000	331048	33 828	331341	33
NAZASR18801223		331314	31 889	311078	31 786	31 853	311253	31 780	311095	311498	31
NAZASR1890	835	31 913	31 715	311216	30 929	301535	30 628	301187	301347	301025	30
NAZASR1900	865	30 913	30 817	301250	30 982	301051	301159	301108	30 636	30 872	30
NAZASR19101116		30 889	311012	311440	311096	31 742	311147	311145	31 997	31 912	31
NAZASR19201098		31 934	32 638	32 762	321128	321107	321237	32 778	321062	32 889	32
NAZASR1930	793	321121	32 727	321195	32 949	32 694	321149	321062	32 886	321179	32
NAZASR1940	928	32 813	301045	301065	301011	30 916	30 851	301006	301313	301113	30
NAZASR1950	840	30 840	30 689	30 760	301123	30 986	301280	30 584	30 763	301505	30
NAZASR19601155		301175	29 964	29 574	29 970	291105	291215	291234	291151	291337	29
NAZASR1970	961	29 797	291113	291136	291209	291262	291034	29 984	29 943	291304	28
NAZASR1980	786	281035	28 832	27 967	27 873	27 905	27 929	271091	271078	27 935	27
NAZASR1990	857	271192	271848	27 717	27 977	27 846	27 713	271336	27 710	26 875	26
NAZASR2000	969	261003	24 771	24 986	241198	249990	099990	099990	099990	099990	0
NAZASA14189990		099990	099990	099990	099990	099990	099990	099990	02070	11365	1
NAZASA1420	758	1 264	12529	1 730	1 458	12537	12134	1 408	1 134	1 268	1
NAZASA1430	28	2 729	2 653	2 948	2 784	2 744	21393	2 582	2 829	2 819	2
NAZASA1440	507	21601	21257	22466	21685	21498	2 934	21610	21764	2 810	2
NAZASA14502626		22517	21403	2 634	2 377	2 375	2 416	21239	21154	21217	2
NAZASA1460	724	21181	2 848	2 625	2 653	2 522	21302	2 895	2 811	2 559	2
NAZASA1470	431	2 278	2 313	2 542	2 528	2 695	2 731	2 965	22998	21969	2
NAZASA14801665		2 914	2 749	2 746	21100	22255	22451	22106	22912	2 926	2
NAZASA1490	469	2 349	2 22	2 845	2 759	2 517	2 616	3 797	3 806	3 935	3
NAZASA1500	482	31093	3 690	3 396	3 807	3 343	3 499	31147	3 480	3 372	4
NAZASA1510	453	4 739	4 574	41286	4 855	4 849	4 696	4 783	4 695	4 922	4
NAZASA15201245		4 715	4 964	4 621	41154	41712	41444	42029	41227	41428	4
NAZASA15301589		4 719	4 281	4 688	41225	4 808	4 729	4 971	41250	41431	4
NAZASA15401536		4 563	4 975	4 937	41631	51087	51349	61154	6 552	6 694	6

NAZASA15501094	6	904	71047	7	910	7	665	7	728	71516	7	697	71038	8	766	8
NAZASA1560	904	8	494	8	754	81188	81031	81149	81085	81075	8	927	9	913	9	
NAZASA15701278	9	774	9	737	91241	111628	11	784	11	897	11	473	11	988	11	788
NAZASA1580	921	111437	111359	12	875	12	631	121456	121298	121198	121262	12	963	12		
NAZASA1590	883	12	737	121172	13	702	131316	13	902	14	869	14	867	14	786	14
NAZASA1600	655	14	840	141242	141185	14	929	14	808	14	727	14	702	141246	14	853
NAZASA16101215	14	837	14	930	14	839	14	841	14	944	14	893	141139	141258	141016	14
NAZASA16201143	15	615	15	622	15	882	16	794	16	965	17	963	171238	171377	171112	17
NAZASA16301223	171073	17	783	17	951	17	795	171226	17	795	171122	191082	19	874	19	
NAZASA16401081	191107	19	770	20	682	20	671	20	746	201185	201167	201208	201469	19		
NAZASA16502154	191368	191058	211099	21	976	21	848	22	936	22	737	22	797	221342	22	
NAZASA16601529	221009	221025	221043	22	799	22	846	221259	22	949	221151	22	791	22		
NAZASA1670	841	221254	23	924	23	995	24	752	24	659	24	954	24	908	241214	241146
NAZASA16801232	241558	241397	241579	241812	24	849	24	675	25	569	25	746	25	524	25	
NAZASA1690	682	25	811	25	922	251021	251098	25	905	25	614	25	889	26	948	26
NAZASA17001035	261114	261449	271254	27	956	271536	27	889	271084	27	683	27	654	26		
NAZASA1710	638	27	819	27	823	271144	27	638	291108	29	985	291288	291066	291031	29	
NAZASA1720	788	29	854	29	791	291400	291029	291210	291429	29	911	29	972	30	560	30
NAZASA1730	940	30	879	311203	32	864	32	858	321427	321265	321337	321049	32	696	32	
NAZASA1740	667	32	791	32	946	321359	321298	321464	321495	331574	331318	33	822	33		
NAZASA1750	470	33	925	32	931	32	987	321337	32	916	32	888	32	901	32	846
NAZASA1760	545	32	861	32	859	32	899	32	844	32	910	32	773	321529	321565	321328
NAZASA17701172	32	670	32	939	32	723	32	582	321265	321062	321227	321074	321273	32		
NAZASA17801014	321441	321240	321139	32	917	32	581	32	698	32	751	33	802	33	659	33
NAZASA1790	587	331118	331798	331510	331099	33	997	331257	33	720	33	789	331047	33		
NAZASA18001060	331086	33	960	341151	35	711	35	724	351399	351110	35	756	351207	35		
NAZASA1810	691	35	646	35	984	35	970	351186	35	999	351454	35	796	35	974	35
NAZASA1820	889	351214	35	878	35	813	351076	35	894	351146	351290	35	690	351361	35	
NAZASA18301004	351729	35	883	351431	35	730	35	660	36	848	36	825	361002	36	925	36
NAZASA1840	985	36	824	371146	37	959	371331	37	755	37	793	371076	37	980	37	727
NAZASA1850	895	37	476	37	578	37	962	371035	371073	371296	371178	371007	37	872	37	
NAZASA18601116	37	763	37	858	37	862	37	679	37	871	37	872	37	883	37	838
NAZASA1870	971	371206	371010	361380	35	955	35	920	33	937	33	994	33	801	331297	33
NAZASA18801283	331454	311056	311141	31	773	31	762	311114	31	773	311070	311506	31			
NAZASA18901003	31	998	31	697	311093	30	877	301532	30	771	301226	301348	301139	30		
NAZASA1900	930	30	896	30	732	301133	30	978	301092	301198	301185	30	707	30	805	30
NAZASA1910	987	30	846	31	987	311444	311236	31	888	311140	311123	311016	31	922	31	
NAZASA19201070	31	923	32	623	32	647	32	976	321066	321300	32	918	321105	32	886	32
NAZASA1930	758	321019	32	698	321129	32	960	32	732	321082	321054	32	923	321183	32	
NAZASA1940	973	32	830	30	986	301028	301017	30	939	30	847	30	953	301276	301193	30
NAZASA1950	953	30	856	30	616	30	605	30	954	30	944	301314	30	714	30	764
NAZASA19601221	301310	291097	29	625	29	827	29	959	291171	291304	291298	291470	29			
NAZASA19701112	29	854	291027	291065	291203	291329	291159	291062	29	949	291257	28				
NAZASA1980	814	281013	28	792	27	907	27	812	27	860	27	880	271064	271102	271000	27
NAZASA1990	886	271158	271863	27	979	271105	27	822	27	613	271146	27	693	26	840	26
NAZASA2000	906	26	981	24	772	24	954	241166	249990	09990	09990	09990	09990	0		