

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



**Influencia del manejo en el incremento radial de  
plantaciones de fresno (*Fraxinus uhdei*) en dos  
bosques urbanos de la Comarca Lagunera**

**Por:**

**EMILIA RAQUEL PÉREZ EVANGELISTA**

**T E S I S**

**Presentada como requisito parcial para  
Obtener el título de:**

**INGENIERO EN AGROECOLOGÍA**

**Torreón, Coahuila, México**

**Diciembre del 2013**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Influencia del manejo en el incremento radial de plantaciones de fresno (*Fraxinus uhdei*) en dos bosques urbanos de la Comarca Lagunera

POR:

EMILIA RAQUEL PÉREZ EVANGELISTA

TESIS

QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

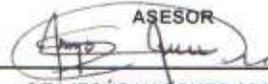
INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

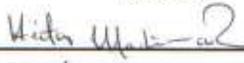
APROBADA POR:

  
MC. EDUARDO BLANCO CONTRERAS  
ASESOR PRINCIPAL

  
DR. JOSÉ VILLANUEVA DÍAZ

ASESOR

  
DR. JESÚS VASQUEZ ARROYO  
ASESOR

  
DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS  
ASESOR

  
DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Influencia del manejo en el incremento radial de plantaciones de fresno (*Fraxinus uhdei*) en dos bosques urbanos de la Comarca Lagunera

POR:

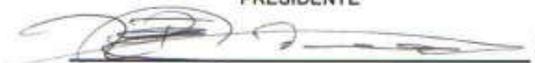
EMILIA RAQUEL PÉREZ EVANGELISTA

TESIS

QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN AGROECOLOGÍA



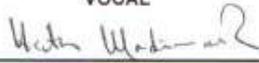
MC. EDUARDO BLANCO CONTRERAS  
PRESIDENTE



DR. JOSÉ VILLANUEVA DÍAZ  
VOCAL



DR. JESÚS VASQUEZ ARROYO  
VOCAL



DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS  
VOCAL SUPLENTE



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2013

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios** por acompañarme a cada paso de mi vida, manteniendo siempre en mí, la idea de superarme profesionalmente.

**A mi familia** por creer en mis capacidades y brindarme todo el apoyo incondicional, en especial a mi mamá **Julia Evangelista Paulín**, mi papá **Fidel Pérez Hernández**. Sé que ustedes y mis hermanos estarán muy orgullosos de mí.

**A mi ALMA TERRA MATER** porque sin ella no podría considerarme orgullosamente **NARRO**. Y no conocería a tanta gente extraordinaria.

**A mis Directores de Tesis**, en especial al Dr. José Villanueva Díaz, muchas gracias por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y brindarme las herramientas para realizar el trabajo de Tesis.

**A mis amigos y compañeros de trabajo** Carlos, Vicenta, Diana y Fátima gracias por haberse cruzado en mi camino y haberme compartido sus conocimientos. A todos los del Laboratorio de Dendrocronología.

**A mi jurado examinador**, Dr. Eduardo Blanco, por ser parte de este trabajo. Dr. Jesús Vásquez, siempre me dieron ánimo sus concejos. Dr. Héctor Madinaveitia.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) CENID-RASPA de Gómez Palacio Durango, por las facilidades prestadas para el uso de las instalaciones.

La presente Tesis se financió con fondos del Instituto Interamericano para la Investigación de Cambio Climático (IAI), proyecto CRN # 2047, con fondos del US/National Science Fundation (Grant GEO-0452325) y fondos fiscales INIFAP del proyecto “Cambio climático y su impacto sobre el potencial productivo, agrícola, forrajero y forestal en México”.

## **DEDICATORIA**

**A Dios** por darme vida para llegar hasta donde me encuentro.

**A mis padres** sé que para ustedes es muy importante el hecho de que avance en mi camino profesional.

**A mis hermanos Felipe, Teresa, Ma. De los Ángeles, Ramiro, Cándido, Oscar, Jaime y Karina**, éste es un logro más no solo para mí sino para todos como familia.

**A mi hermana Laura Karina**, siempre te he visto como un ejemplo a seguir por tus ganas de salir adelante a pesar de las adversidades y demostrar que para lograr los objetivos solo hay que tener valor para superar cualquier cosa que se presente.

**A Carlos Ramos** este momento de mi vida no sería lo mismo si tú no estuvieras a mi lado alentándome a salir adelante y recordándome que no hay nada que no pueda lograr en la vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>II</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VIII</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>3</b>
<b>Hipótesis</b> .....	<b>4</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Dendrocronología .....	5
2.2 Historia de la Dendrocronología y su aplicación .....	6
2.3 Manejo de bosques urbanos .....	8
2.4 Antecedentes históricos del Parque Victoria y Venustiano Carranza .....	9
2.5 Descripción de la especie .....	11
<b>2.5.1 Morfología y fenología</b> .....	12
<b>2.5.2 Clima y suelo favorable para el desarrollo de la especie</b> .....	13
<b>2.5.3 Cobertura vegetal asociada</b> .....	13
<b>2.5.4 Usos principales</b> .....	13
2.6 Anatomía de la madera .....	14
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
3.1 Ubicación y descripción de las áreas de estudio .....	16
<b>3.1.2 Parque Guadalupe Victoria, Lerdo, Durango</b> .....	16
<b>3.1.3 Bosque “Venustiano Carranza”, Torreón Coahuila</b> .....	16
3.2 Trabajo de campo .....	18
3.2.1 Diseño del muestreo .....	18

3.2.2	<b>Extracción de núcleos de crecimiento</b> .....	20
3.2.3	<b>Registro de datos</b> .....	21
3.3	Trabajo de laboratorio.....	21
3.3.1	<b>Preparación de muestras</b> .....	21
3.3.2	<b>Lijado y conteo</b> .....	21
3.3.3	<b>Fechado</b> .....	22
3.3.4	<b>Medición de las muestras</b> .....	23
3.4	Utilización de los programas de cómputo.....	24
3.4.1	<b>Análisis del fechado con el programa COFECHA</b> .....	24
3.4.2	<b>Elaboración de cronologías de anillos o series de tiempo</b> .....	24
3.4.3	<b>Comparación de los hechos históricos con las cronologías elaboradas</b> .....	25
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>26</b>
4.1	Análisis del programa COFECHA para el Parque Guadalupe Victoria del Municipio de Lerdo Durango.....	26
4.2	Análisis del programa COFECHA para el Bosque Venustiano Carranza del Municipio Torreón Coahuila .....	28
4.3	Análisis de las series de tiempo generada para el Parque Guadalupe Victoria del Municipio de Lerdo, Durango. ....	30
4.4	Análisis de la serie dendrocronológica para el Bosque Venustiano Carranza del Municipio de Torreón Coahuila. ....	32
4.5	comparación de eventos de alta y baja frecuencia para ambos sitios .....	34
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>35</b>
5.1	Características identificadas en respuesta al método dendrocronológico descrito por Holms de la especie <i>Fraxinus uhdei</i> .....	35
5.2	Serie de Anillo total del fresno en el Parque Victoria, datos climáticos y manejo. .....	36
5.3	Serie de anillo total del fresno en el Bosque Venustiano Carranza, datos climáticos y manejo.....	37
5.4	Comparación entre cronologías generadas para ambos sitios .....	38
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>39</b>
<b>VII.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>40</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Parque Victoria, Lerdo, Durango, el programa mostró una correlación de 0.444 y la extensión de la cronología se extendió de 1905 a 2012 (108 años). .....	26
Cuadro 2. Matriz de correlación producida por el programa COFECHA para el Parque Victoria. Valores de correlación seguidos por la letra A y B, indican problemas de crecimiento y fechado, respectivamente.....	27
Cuadro 3. En Bosque Venustiano Carranza se obtuvo una correlación de 0.489 para una cronología que se extendió de 1960 a 2012 (53 años). .....	28
Cuadro 4. Matriz de correlación del programa COFECHA para el Bosque Venustiano Carranza del Municipio de Torreón, donde se muestra a las correlaciones ( $p < 0.01$ ) entre series. ....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Las células iniciales del cambium experimentan divisiones multiplicativas (líneas rojas), pueden experimentar divisiones aditivas (líneas azules). De cada dos células producidas por una división aditiva, en sentido anticlinal, una se conserva como célula inicial que volverá a dividirse a su vez, y la otra se transforma en células madre del xilema o del floema respectivamente (Constante-García, 2012).....	6
Figura 2. Arbolado del Parque Guadalupe Victoria. Fotografía histórica facilitada por, cronista de la ciudad de Lerdo, Durango. ....	10
Figura 3 . Ejemplar de fresno muestreado en este estudio, bosque Venustiano Carranza.....	12
Figura 4. Identificación de un anillo de crecimiento anual mediante técnicas anatómicas.....	15
Figura 5. Macrolocalización de los bosques urbanos situados dentro de la Comarca Lagunera.....	17
Figura 6. Diseño del muestreo en el Parque Guadalupe Victoria, ubicación de los árboles muestreados (puntos rojos). ....	18
Figura 7. Muestreo en Bosque Venustiano Carranza, ubicación de árboles muestreados (puntos rojos).....	19
Figura 8. A) Ejemplo de obtención de núcleos de crecimiento con el taladro Pressler, B) almacenado de incremento en popotes de plástico para su traslado a laboratorio. ....	20

Figura 9. Vista de anillos falsos (línea diagonal), comparación entre dos muestras (BVC12A y BVC12B) del mismo árbol. Punto marcando la década.	22
Figura 10. Equipo de medición, donde se ejemplifica la posición correcta de una muestra para su medición; en este caso es la muestra PVL01A.	23
Figura 11. Cronología de índice de anillo total generada para Parque Guadalupe Victoria, Lerdo, Durango. A la cronología se le ajustó una línea decenal flexible para resaltar eventos de baja frecuencia.	30
Figura 12. Comparación de series de crecimiento radial, la serie más joven es PVL40A, las series de años similares son PVL04A y PVL18A. La muestra más longeva es PVI01A. Los años con mayor coincidencia se encuentran marcados por una línea vertical punteada.	31
Figura 13. Serie dendrocronológica de fresno para el Bosque Venustiano Carranza.	32
Figura 14. Crecimiento radial de árboles representativos de los tres sectores en los que se divide el parque. Las líneas punteadas son años con un comportamiento similar en crecimiento. La serie BVC07B proviene del sector 1, la serie BVC12A del sector 2 y BVC20A del 3.	33
Figura 15. Comparación entre los índices dendrocronológicos de los sitios de estudio. Se marcan con líneas los períodos que mostraron similitud en términos de crecimiento para ambos sitios.	34
Figura 16. Comparación de serie dendrocronológica generada para el parque Guadalupe Victoria con registros de estación climática cercana.	36
Figura 17. Comparación de serie dendrocronológica generada para el bosque Venustiano Carranza con registros de estación climática cercana.	37

## RESUMEN

El parque Guadalupe Victoria y el bosque Venustiano Carranza, ambos bosques urbanos de la Comarca Lagunera, ninguno de estos sitios cuenta con registros de la condición del arbolado compuesto en su mayoría por *Fraxinus uhdei*, por lo cual se extrajeron 117 muestras, de las cuales se lograron fechar 70 muestras en total, de los dos Bosques. El Parque Guadalupe Victoria obtuvo correlación de 0.444, generando cronologías de 108 años (1908-2012); los años que coinciden en cuanto a los puntos altos más destacados, son 1906, 1920, 1960, 1962, 1986, y 1993 los cuales sugieren que el manejo del parque ha sido adecuado; los puntos bajos son, 1951, 1954, 1979, (1999-2012). La intercorrelación entre series para los árboles del Bosque Venustiano Carranza tuvieron una correlación de 0.448, con una cronología de 53 años (1960-2012); el año 1966, 1969, (1981-1987) y (1996-2010) se observan incrementos. Exceptuando (1971-1979), (1989-1995) hay bajas en los crecimientos. En comparación entre sitios, los años con mejores crecimientos son, 1962, 1969, 1985 y 1998, los años con menor crecimiento fueron, (1972-1982), 1992, (2004-2006) y de (2010-2012). La similitud de respuestas puede atribuirse al manejo, pero también a condiciones climáticas dominantes con una influencia directa en la disponibilidad de agua con fines de irrigación. Lo que demuestra que *Fraxinus uhdei* es una especie sensible ante el manejo ya que lo registra en el desarrollo radial, con potencial para ser analizada mediante métodos dendrocronológicos estándar.

### **Palabras clave**

*Fraxinus uhdei*, bosques urbanos, manejo, puntos altos, puntos bajos.

## I. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones realizadas mediante la dendrocronología, se han usado como una herramienta substancial para la reconstrucción de distintas variables, entre las cuales se encuentran las referentes al clima, el estudio del crecimiento de los árboles, la obtención de planes de manejo forestal sostenible, la respuesta de los árboles a variables ambientales, entre otras muchas aplicaciones. La formación de anillos anuales es inducida por las estaciones térmicas para las regiones templadas y frías, debido a que los crecimientos se producen durante la primavera, verano y otoño (formando el leño temprano y tardío, respectivamente). Sin embargo, el descubrimiento de anillos anuales perceptivos a la inestabilidad ambiental en múltiples árboles tropicales han fundamentado el establecimiento de hipótesis para demostrar este hecho (Rivera-Builes, 2013).

Para demostrar esta hipótesis existen diferentes métodos en el estudio del crecimiento de los árboles, el principio fundamental de la dendrocronología, es la datación cruzada, cofechado o sincronización conocido como “crossdating”, sin la cual, la datación de los anillos de los árboles sería solamente un conteo de los crecimientos. Las secuencia en el espesor de los anillos que coinciden entre sí, durante distintas décadas en fechas exactas y su correlación estadística con variables climáticas anuales y estacionales, demuestra que, sin duda, los anillos son anuales (del Valle and Gildardo, 2012).

Los resultados obtenidos mediante este método son una herramienta muy eficaz para experimentar la ecología de diferentes especies de árboles, que forman parte de la vegetación de las zonas urbanas, definidas como “bosques urbanos” debido a que comprueban el grado de asociación que hay entre numerosas variables ambientales y el desarrollo de los árboles, durante el período en que coinciden; así mismo, estos árboles proporcionan belleza y beneficios a los habitantes en cuanto a calidad de aire y agua (Argollo *et al.*, 2004).

El Parque Guadalupe Victoria, en el estado de Durango y el Bosque Venustiano Carranza, en Coahuila, son considerados bosques de importancia urbana en la “Comarca Lagunera” y se conforman principalmente de árboles de fresno (*Fraxinus uhdei*) el cual es uno de los árboles que se usan con mayor frecuencia en el medio rural y calles y áreas urbanas, debido a su fácil adaptación, por su rápido y vigoroso crecimiento, al igual por su capacidad para recuperar suelo (CONAFOR, 2001).

En ninguno de los parques en estudio, se tiene información acerca de la situación actual del arbolado en cuanto a su condición morfológica, vigor, condición de salud, tasas de crecimiento, etc., no obstante su belleza escénica, capacidad de estabilización del suelo y proveer de un microclima especial al sitio donde se desarrollan; es por ello, que mediante este estudio, se pretende demostrar, con base en los anillos de crecimiento de los árboles, como ha sido la respuesta a su manejo (irrigación, aplicación de podas, combate de plagas), así como determinar la edad de los individuos presentes y la influencia de otros factores de manejo en términos de crecimiento radial.

## Objetivos

### Objetivo general

A través del fechado exacto con métodos dendrocronológicos de los incrementos radiales anuales de fresno establecidos en dos parques de la Comarca Lagunera, determinar el manejo al que ha sido sujeto el arbolado en término de riegos, podas, combate de plagas, entre otros aspectos y proponer acciones que permitan favorecer su vigor y favorecer su longevidad en estos parques.

### Objetivos específicos

- Generar una cronología de los incrementos radiales de los fresnos en cada uno de los parques.
- Analizar la influencia de variables climáticas con las series de anillo total desarrolladas.
- Contrastar cada una de las series dendrocronológicas de anillo total con información histórica de su manejo.
- En función a los incrementos radiales anuales definir las acciones de manejo que favorecen un mejor crecimiento y vigor.

## **Hipótesis**

Hipótesis ha:

El manejo que al que han estado sujetos los árboles de fresno en los parques Guadalupe Victoria y Venustiano Carranza en la Comarca lagunera determinan los incrementos radiales anuales de esta especie.

Hipótesis ho:

Aún en condiciones de manejo adecuado, los árboles de fresno en los parques Guadalupe Victoria y Venustiano Carranza no presentan influencia en los incrementos radiales anuales de esta especie.

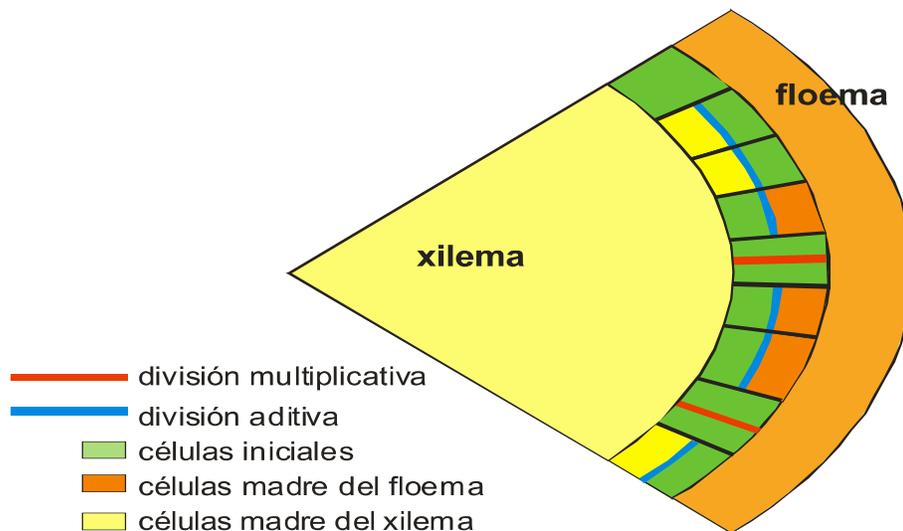
## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Dendrocronología

La palabra dendrocronología deriva de los lexemas “dendro” (árbol), “cronos” (tiempo) y “logos” (conocimiento). Por ello, la dendrocronología se define como el conocimiento o estudio de la edad de los árboles por medio del análisis de los anillos de crecimiento (Fritts, 1976). La dendrocronología estudia los anillos de crecimiento en árboles con formaciones leñosas, los cuales, se integran de bandas de células producidas por el cambium vascular, en un período de tiempo para extraer la señal ambiental contenida en ellos.

Dichos anillos de crecimiento resultan de la sobre-posición sucesiva de las capas de tejidos leñosos en el tronco del árbol, en razón de la actividad periódica del cambium (figura 1). Así, la actividad del cambium va acumulando año a año capas sobrepuestas que van a originar la formación de los anillos de crecimiento (Giraldo-Jiménez and Del Valle-Arango, 2011).

Diversos fenómenos naturales se comprenden mejor a partir de su pasado, lo que hace de la dendrocronología un herramienta muy útil mediante la información ambiental obtenida a partir del ancho de los anillos, la densidad intraanular de la madera, la densidad de poros y el contenido de isótopos, entre otros; es decir, los anillos de los árboles reflejan una respuesta común a un factores ambientales por lo que una adecuada sincronización de los anillos de crecimiento deriva en una adecuada datación de estos (Gildardo - Jiménez, 2011)



**Figura 1. Las células iniciales del cambium experimentan divisiones multiplicativas (líneas rojas), pueden experimentar divisiones aditivas (líneas azules). De cada dos células producidas por una división aditiva, en sentido anticlinal, una se conserva como célula inicial que volverá a dividirse a su vez, y la otra se transforma en células madre del xilema o del floema respectivamente (Constante-García, 2012)**

## 2.2 Historia de la Dendrocronología y su aplicación

Rivera- Builes, 2013, menciona que en el siglo III A.C. Teofrasto, discípulo de Aristóteles, observó que los anillos de algunos árboles eran anuales, lo que podrían ser los antecedentes más remotos de la dendrocronología. Posteriormente hubo diferentes fases de la dendrocronología, sin ser considerada aún una ciencia. No fue hasta principios del siglo XX, al momento de establecer el principio de fechamiento cruzado o crossdating por el hombre conocido como el “padre de la dendrocronología”, Andrew E. Douglas (1867-1962). El libro de Fritts (1976) “Tree Rings and Climate” desarrolló el software que complementó y potenció los métodos gráficos hasta hoy empleados.

Para el análisis de las series tanto de anillos como de las variables climáticas. En las últimas décadas, se han desarrollado un sin número de investigaciones en la dendrocronología que ha sido consecuencia de la participación de diversos investigadores, a nivel mundial algunos trabajos recientes ya han dado

información nueva en el origen de la madera y la actividad forestal (Cufar, 2007).

En el continente americano se ha generado mucha información relacionada con el potencial dendrocronológico de una variedad de especies arbóreas, las cuales han mostrado excelente potencial y han permitido la reconstrucción de una serie de variables climáticas con una extensión de siglos a milenios (Cerano - Paredes *et al.*, 2009).

En América Latina se ha beneficiado con la generación de cronologías de diversos países. México se ha constituido como uno de los principales países en desarrollar investigaciones dendrocronológicas. Algunos estudios se ha abocado a la generación de cronologías cortas de madera presentes en iglesias de las misiones jesuitas; una cronología flotante de 485 años con madera de coníferas obtenidas de ruinas prehistóricas de Casas Grandes, en Chihuahua también fue generada. Reconstrucción de la precipitación e Índice de Intensidad de Sequía de Palmer de árboles localizados en el norte de Sonora. Las series dendrocronológicas del norte y centro de México están bien correlacionadas con las lluvias de invierno, que a su vez tienen alta influencia del Niño/Oscilación del Sur (Cleaveland *et al.*, 2003; Villanueva *et al.*, 2012); estudios adicionales se han realizado con maderas tropicales en la Península de Yucatán (Villanueva - Díaz *et al.*, 2013)

Gran parte de las cronologías de anillos realizadas para México se han generado en los bosques templados y subtropicales del noreste, sin embargo, existe abundancia y diversidad de especies tropicales, cuyo potencial dendrocronológico aún no ha sido explorado (Villanueva *et al.*, 2010).

## 2.3 Manejo de bosques urbanos

Un bosque urbano es una comunidad vegetal que se establece en banquetas de calles, camellones, jardines, avenidas, parques, bordes y riberas de ríos en las ciudades y otros espacios abiertos, que interactúan con el resto de los componentes del ecosistema urbano e influye en forma directa en el desarrollo social de la comunidad; normalmente se encuentran bajo la responsabilidad de los gobiernos municipales o delegacionales (Benavides - Meza *et al.*, 2002). El manejo de estas plantaciones debe sustentarse en cuatro principios básicos:

- 1.- Inventarios del arbolado urbano
- 2.- Selección de la especie al sitio de plantación
- 3.- Monitoreo del recurso
- 4.-Mantenimiento en tiempo y forma.

Se deben tener en cuenta criterios de selección: Características de la especie (se debe conocer la altura en su madurez, diámetro y forma de copa, tipo de raíz, velocidad de crecimiento). Factores urbanos (espacio para su desarrollo, infraestructura urbana, tránsito vehicular, exceso de iluminación en fachadas comerciales). Factores ambientales (humedad, temperatura, tipo de suelo, viento, contaminación atmosférica). Factores bióticos (susceptibilidad a plagas y enfermedades, presencia de otras especies, toxicidad, polen alergénico, tendencia a invadir espacios, características biológicas de la especie). Factores de manejo (inventario de especies, información básica de su situación, existencia de planta en vivero, diseño, presupuesto, personal). Factores sociales (predilección por especies, decisiones políticas) (Benavidez - Meza *et al.*, 2012).

Con plantaciones en áreas urbanas, la mayor limitante siempre es el terreno. Los lugares que comúnmente son propuestos para áreas verdes, casi siempre son muy pequeños y no planeados (CONAFOVI, 2005), además, están sujetos

a una tensión ambiental muy alta por condiciones de cultivo como compactación del suelo, espacios pequeños, impacto químico y corte intermitente de raíces y follaje por obras públicas. A la par de estos factores, se presentan variables ambientales naturales como la precipitación y la temperatura, que exponen diversos valores y combinaciones en espacio y tiempo (Benavidez - Meza et al., 2012).

La arborización puede contribuir creando un microclima interviniendo integralmente sobre el grado de radiación solar, la temperatura, ofreciendo protección contra las fuertes lluvias, el movimiento del aire y la humedad. Se ha reconocido que el uso de las áreas urbanas arborizadas en las ciudades, contribuyen a reducir el efecto invernadero (Robles, 2010)

Así mismo se debe tener un inventario del arbolado, ya que nos brindan una necesaria y valiosa información para el manejo, obteniendo estadísticas en cuanto al número existente del recurso, su localización y el estado en que se encuentra el mismo (Benítez, 2005).

## **2.4 Antecedentes históricos del Parque Victoria y Venustiano Carranza**

El Parque Victoria se fundó en el año de 1879, siendo jefe político el Coronel Vicente Carreón; el terreno donde se estableció contó con más de cuatro manzanas; ahí se plantaron fresnos traídos del Valle de Allende, Chihuahua, los jardines tuvieron plantas de ornato y los andadores se les puso arena y compactó el terreno. En principio, el arbolado se regaba con las aguas del Río Nazas que se surtían con la acequia municipal, misma que se distribuía por toda la Avenida Coahuila, que culminaba en el sitio hoy conocido como el Bulevar Miguel Alemán; se construyeron compuertas y se montó otra acequia con rumbo hacia el poniente por lo que hoy se conoce como la Calle Ocampo. En septiembre de 1979, se adecuó el área para jardinería, dotándolo de un sistema de riego y reforestación de 350 árboles (cronista de la ciudad de Lerdo, Durango, José Vargas, comunicación personal, Marzo 2013). Se construyeron los pasillos y jardinerías para seguridad en el tránsito de los visitantes (figura 2).



**Figura 2. Arbolado del Parque Guadalupe Victoria. Fotografía histórica facilitada por, cronista de la ciudad de Lerdo, Durango.**

Con relación al Bosque Venustiano Carranza, en 1938, el gobernador del estado de Coahuila General Pedro V. Rodríguez Triana, solicitó al presidente de la república General Lázaro Cárdenas del Río, la donación de un terreno para la creación del bosque. La fecha de arranque de su fundación fue el 11 de marzo de 1940, más tarde en 1976, se ordenó la construcción del Museo de Antropología e Historia en la parte sur de este parque urbano Dentro del existe un área de juegos mecánicos. A partir del año 2000 se cuenta con un inventario de 4,472 árboles de 31 variedades, sobresaliendo de entre ellos la existencia de 1,173 fresnos, 776 casuarinas, 496 palmas, 396 truenos, 302 pinabetes y 238 laureles; este arbolado se irriga con un sistema presurizado de aspersion (Director del bosque Venustiano Carranza del municipio de Torreón, comunicación personal, Ing. Baldomero Huerta, Septiembre 2013).

## 2.5 Descripción de la especie

Es la única especie del género *Fraxinus* que se encuentra en estado silvestre formando parte del bosque de galería, bosque mixto de Pino-Encino y bosque mesófilo de montaña. Crece generalmente en microhabitats más bien húmedos como, en laderas de cerro, barrancas y cañadas, esporádicamente a orillas de corrientes de agua. El área de distribución natural del fresno se extiende desde el área central occidental de México a través de Guatemala, desde las latitudes 25° a la 14° N. Su distribución natural en México se localiza arriba de los 2,400 m (Francis, 1990), en los estados de Colima, Chiapas, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Edo. De México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, y Veracruz. (CONABIO, 1907).

Taxonómicamente el fresno se describe como

Nombre científico: *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh

Nombre común: Fresno, fresno blanco, madre de agua. (Figura 3).

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Lamiales</i>
Familia:	<i>Oleaceae</i>
Género:	<i>Fraxinus</i>
Especie:	<i>uhdei</i>



**Figura 3 . Ejemplar de fresno muestreado en este estudio, bosque Venustiano Carranza.**

### **2.5.1 Morfología y fenología**

Es una especie de rápido y vigorosos crecimiento de 15 a 30 m de altura con un diámetro normal de hasta 1m, vive de 80 a 150 años o más en condiciones sin disturbios. Posee una corteza rugosa y surcada. Hojas dispuestas en panículas cortas y compactas de borde dentado, son perennifolias o caducifolias. Pierde el follaje durante un período corto en la época seca. Produce flores masculinas y femeninas, las masculinas tienen dos estambres y las femeninas poseen un pistilo; en general son pequeñas y de coloración verde o blanca, florece de marzo a mayo, durante la temporada seca. El fruto tiene forma de sámara monosperma con nuececilla convexa o comprimida, fructifica de julio a septiembre y las semillas, son de conformación oval-oblonga con sub membrana coriácea, son producidas durante 37años con intervalos de 1 año (Rzedowski *et al.*, 2005; CONAFOR, 2001).

### **2.5.2 Clima y suelo favorable para el desarrollo de la especie**

La precipitación anual promedio en su hábitat natural fluctúa entre 800 a 3,000 mm. Casi toda la precipitación ocurre durante el período de mayo a octubre. Las temperaturas promedio varían desde 15 a 20 °C en enero y de 20 a 25 °C en julio. Resistente a heladas ligeras y de poca frecuencia (Francis, 1990). El fresno es una especie sensible a la calidad de sitio; muchas plantaciones se han visto estancadas debido a las condiciones de sitio desfavorables. Se desarrolla mejor en suelos urbanos con textura gruesa. Requiere de suelos frescos y de origen calcáreo. (CONABIO, 1907).

### **2.5.3 Cobertura vegetal asociada**

El tipo de ecosistemas en los cuales se encuentra el fresno se ven dominados usualmente por diversas especies de encino (*Quercus spp.*). En áreas agrícolas entre Puebla y Texmelucan, en México, el fresno crece a lo largo de corrientes de agua junto con *Alnus glabrata Fernald*, *Salix bonplandiana H.B.K.*, *Buddleia cordata H.B.K.*, *Schinus molle L.* y *Populus spp.*, *Abies spp.*, *Cedrela spp.*, *Ceiba spp.*, *Salix spp.*, *Ipomoea spp.*, *Juniperus spp.*, *Ficus spp.*, *Clusia spp.*, *Celtis spp.*, *Cestrum spp.*, (CONAFOR, 2001)

### **2.5.4 Usos principales**

Los frutos, semilla, hoja y corteza tienen propiedades medicinales, se ha reportado que el fresno se ha utilizado para combatir la malaria y el paludismo (Robles, 2010). La madera de fresno no se explota extensamente debido a su escasez dentro de su área de distribución natural, pero tiene muchos usos. En términos ornamentales, el fresno es muy común en avenidas, parques y jardines por la belleza de su follaje, sombra y refugio. Los usos principales son para bates de béisbol, raquetas de tenis, artesanías, utensilios de cocina, muebles y molduras. La madera se recomienda también para la construcción, pisos, puntales de mina, hormas para zapatos y chapa. El fresno es fácil de aserrar, cepillar y trabajar a máquina. La densidad de la madera es de 0.50

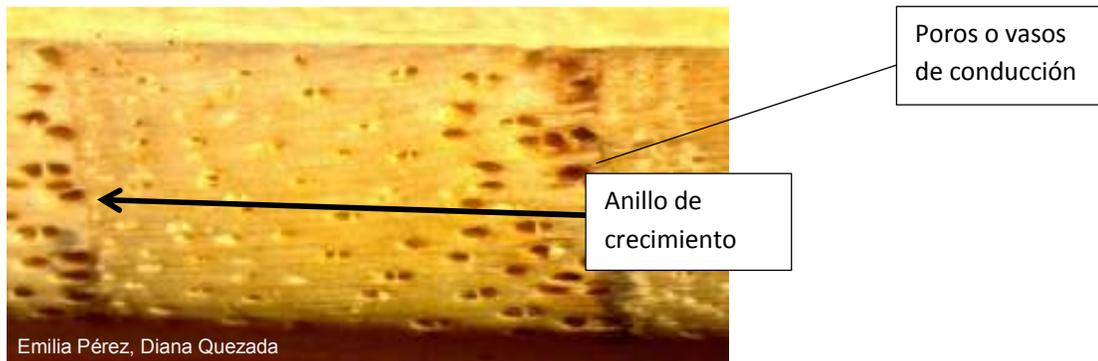
$\text{g/cm}^3$  (secada al aire) y el encogimiento es menor que el de la mayoría de las maderas duras. El módulo de ruptura es de  $900 \text{ kg/cm}^2$  y el módulo de elasticidad es de  $117,000 \text{ kg por cm}^2$  lo que demuestra que es un árbol de madera dura; aunque también tiene efectos para la recuperación de terrenos degradados. Esta planta se ha empleado para rehabilitar sitios donde hubo explotación minera y actualmente se encuentra sujeta a protección especial, debido a que se encuentra más frecuentemente de manera silvestre en las riberas de los ríos (CONAFOR, 2001).

## **2.6 Anatomía de la madera**

Para identificar maderas se establecen dos niveles: macroscópico y microscópico. El primero se define habitualmente mediante tipificaciones a simple vista o empleando aumentos de hasta 10 veces en la escala original. Las microscópicas se establecen en observación a mayor magnificación, por lo que comprenden lupas de mayor aumento, microscopio óptico y otro tipo de microscopía. Para identificar características anatómicas que se observan en el corte transversal de una madera, se puntualizan aspectos referentes a los anillos de crecimiento, lo que es importante para el desarrollo de estudios apoyados en la identificación del año calendario de formación de anillo de crecimiento y de su medición como expresión del crecimiento. Las características anatómicas respetadas se vinculan primordialmente a la forma, tamaño y distribución de diferentes elementos celulares o tejidos que forman la madera. Con específico cuidado a aspectos relativos a los poros o vasos de conducción que componen el vital mecanismo conductor axial de líquidos en una planta, los cuales son células de pared variable pero ordinariamente gruesa.

La porosidad se refiere a la distribución de los poros en los anillos de crecimiento, en el caso de Fresno son poros identificados como anular o circular (figura 4); en ellos, los vasos de mayor diámetro se sitúan en hileras concéntricas en el sector inicial del leño temprano y se desvanecen o son

evidentemente más pequeños y menos frecuentes en el resto del anillo (Roig - Juñent *et al.*, 2012).



**Figura 4. Identificación de un anillo de crecimiento anual mediante técnicas anatómicas.**

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación y descripción de las áreas de estudio

##### 3.1.2 Parque Guadalupe Victoria, Lerdo, Durango

El Parque Guadalupe Victoria se encuentra en el municipio de Lerdo, que se ubica en la zona noreste del estado de Durango. El área se encuentra en la zona centro del municipio de Lerdo, en las coordenadas 25° 10' latitud Norte y 103° 20' longitud oeste, con una superficie de 2.89 ha; a una elevación de 1,137m. La precipitación anual media es de 253 mm (INEGI, 2012). La temperatura media anual fluctúa de 14 a 22°C, con una precipitación de 200 a 400 mm, clima muy seco semicálido con lluvias de verano, donde se presenta el 87.3% del total anual, (INEGI, 2012). Geológicamente se encuentra dominado por rocas ígneas intrusivas, calizas, areniscas del período Cuaternario y Cretácico y morfológicamente dominan suelos aluviales.

##### Características edafoclimáticas e hidrológicas de Lerdo Durango

Las zonas urbanas están creciendo sobre suelo del Cuaternario, roca sedimentaria del Cretácico y roca ígnea del Triácico, en llanura aluvial, llanura desértica, sierra compleja con lomerío y llanura aluvial salina. (INEGI, 2012). En términos hidrológicos se ubica en la parte baja de la cuenca Nazas-Aguanaval (INEGI, 2012)

##### 3.1.3 Bosque “Venustiano Carranza”, Torreón Coahuila

El Bosque Venustiano Carranza se localiza en el Municipio de Torreón, ubicado en el estado de Coahuila, dentro de las coordenadas 25° 32 24.6 norte y 103° 25' 53.6" oeste y a una altura de 1130m. Torreón forma parte de la denominada Comarca Lagunera; este municipio se encuentra conurbado con Lerdo y Gómez Palacio del estado de Durango.. El municipio de Torreón se caracteriza por poseer una temperatura media anual de 14 a 22°C,

precipitación de 100 a 400 mm, clima, muy seco semicálido (89%) y seco templado (11%) (INEGI, 2012). Geológicamente presenta rocas ígneas extrusivas (basaltos), calizas, areniscas; morfológicamente dominan suelos aluviales del cretácico y cuaternario (INEGI, 2012). En términos hidrológicos se encuentra dentro de la cuenca Nazas-Aguanaval (Figura 5).

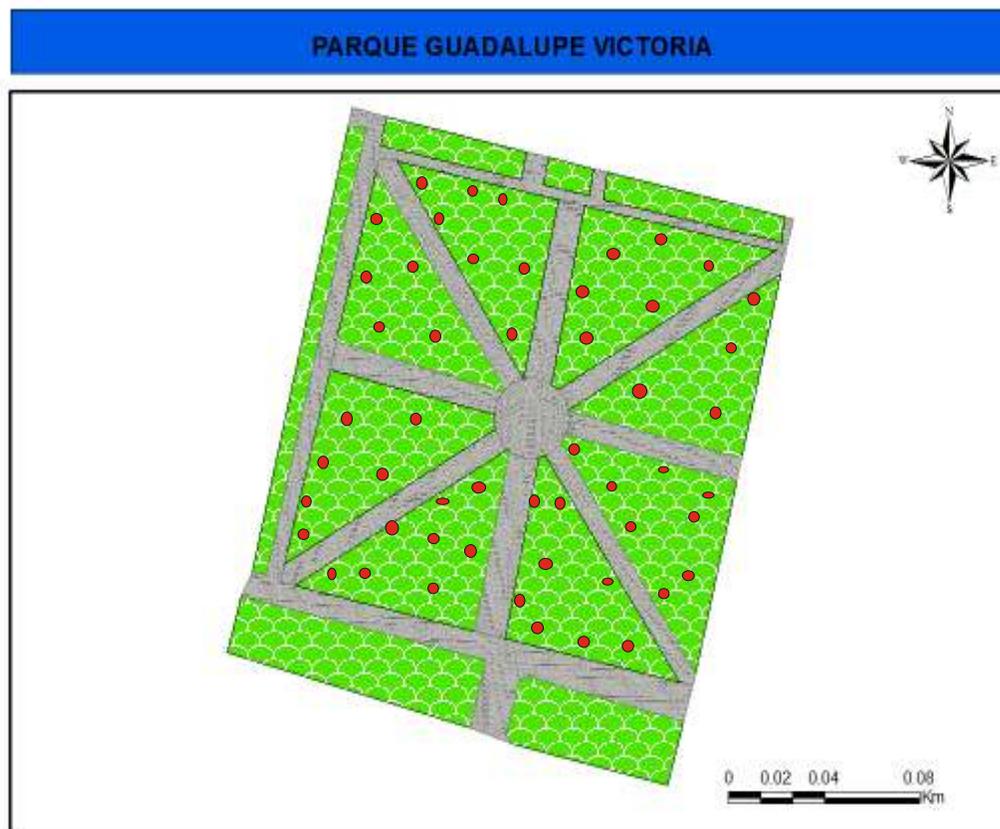


**Figura 5. Macrolocalización de los bosques urbanos situados dentro de la Comarca Lagunera.**

## 3.2 Trabajo de campo

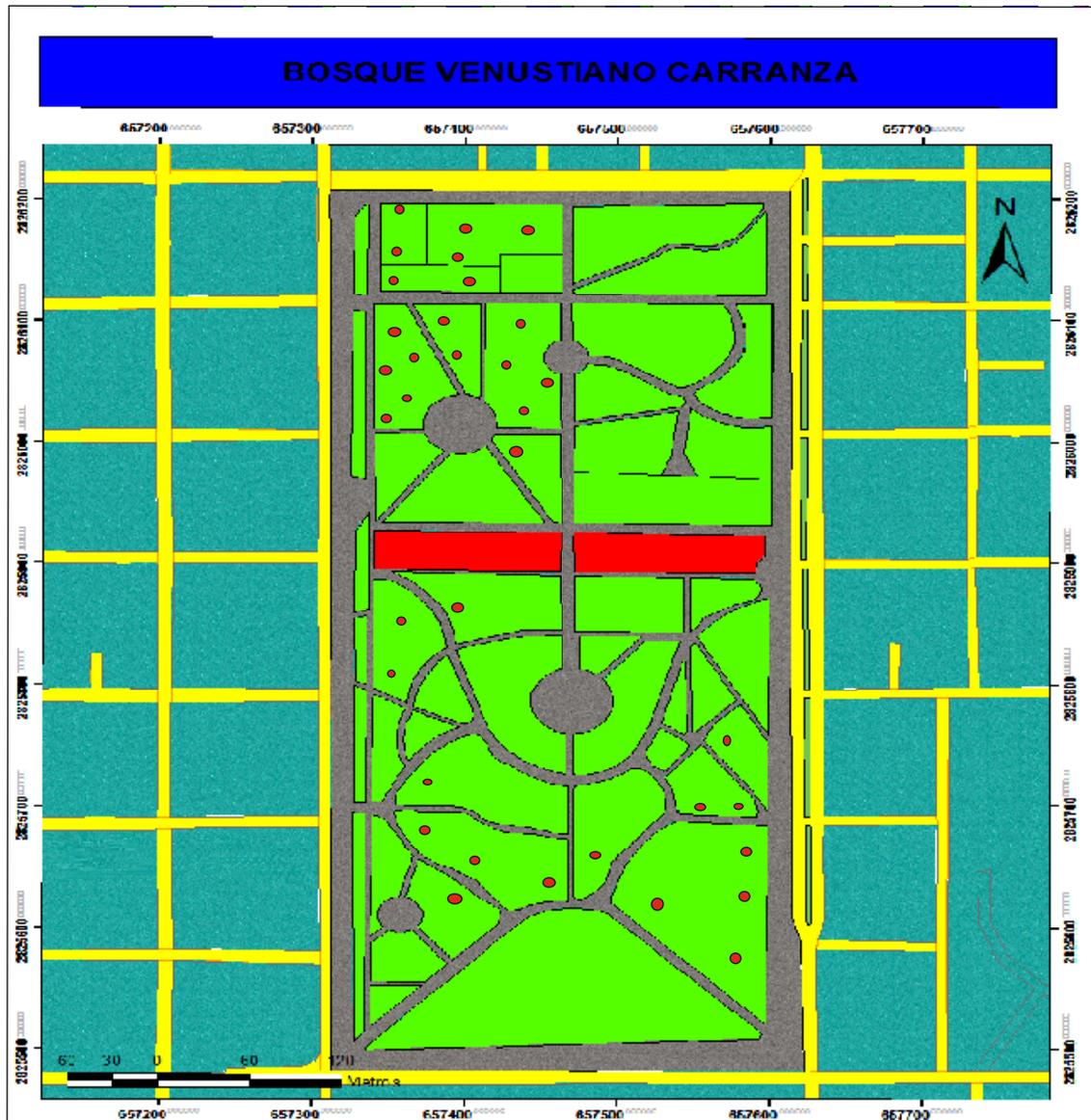
### 3.2.1 Diseño del muestreo

El Parque Guadalupe Victoria está dividido en ocho jardineras con plantaciones de árboles y en el centro del parque donde se ubica una cancha de juego y bancas para descanso, se seleccionaron 52 individuos de fresno (Figura 6). La selección del arbolado consideró los siguientes criterios para ambos sitios: árboles con apariencia longeva, diámetros superiores a la media, copa ancha, ramas gruesas y colgantes y de apariencia sana, entre otras características. La elevación dominante donde se ubicaron los árboles fue de 1,137 m.



**Figura 6. Diseño del muestreo en el Parque Guadalupe Victoria, ubicación de los árboles muestreados (puntos rojos).**

El Bosque Venustiano Carranza se dividió en cuatro secciones, ya que una porción considerable del parque, se encuentra ocupado por el museo y los juegos mecánicos, mientras en la cuarta sección, solo existen plantaciones de pinabete sin vestigio de fresno; al considerar lo anterior, se logró muestrear 35 árboles (Figura 7), de los cuales a 29 se les extrajeron dos muestras (virutas, incrementos) con un taladro de Pressler. La elevación dominante del sitio es de 1,138 m.



**Figura 7. Muestreo en Bosque Venustiano Carranza, ubicación de árboles muestreados (puntos rojos).**

### 3.2.2 Extracción de núcleos de crecimiento

Los núcleos de crecimiento (virutas) se obtuvieron de árboles vivos a la altura del pecho, con un taladro de Pressler de 5.1 mm de diámetro interno y 40.64 cm de longitud. Para el Parque Guadalupe Victoria, se muestrearon 30 árboles y se obtuvo un incremento por árbol. Se asignó una clave para éste sitio el cual fue PVL y en cada árbol muestreado se etiquetó con la clave y un número consecutivo de árbol (PVL01A, PVL02A, PVL03A, etc.). En el bosque Venustiano Carranza, clave BVC, se muestrearon 35 árboles y obtuvieron dos muestras por árbol (A, B) (figura 8). En algunos árboles con deformación solo se les tomó una muestra, ya que por su crecimiento irregular, no son ideales para el fechado. Para la estimación de altura (m) se obtuvo un promedio de 26m, con un clinómetro, el diámetro de fuste se midió con una cinta diamétrica, registrando un diámetro medio de 1.6 m. Las virutas se almacenaron en popotes de plástico, con la identificación correspondiente e información adicional sobre características del árbol y ubicación de donde se extrajo la muestra. A cada perforación originada por el taladro en el árbol se le colocó un taquete de madera esterilizado de .5 cm de grosor para evitar que los árboles se contaminaran y fueran afectados por plagas y enfermedades.



**Figura 8. A) Ejemplo de obtención de núcleos de crecimiento con el taladro Pressler, B) almacenado de incremento en popotes de plástico para su traslado a laboratorio.**

### **3.2.3 Registro de datos**

En una bitácora de campo se registró la información siguiente: sitio, clave del sitio, especie, coordenadas, elevación, fecha de colecta, colector (s). en la misma bitácora al arbolado se les registró las siguientes características: número de árbol, altura, diámetro, vigor, coordenadas y observaciones que describan posibles daños como por ejemplo, pudriciones en la médula, problemas de bifurcación del fuste, corte de ramas, podas; así como su ubicación geográfica con relación a otros puntos de referencia.

## **3.3 Trabajo de laboratorio**

### **3.3.1 Preparación de muestras**

Las virutas o núcleos de crecimiento se dejaron secar dentro de los popotes a temperatura ambiente y posteriormente se colocaron en una moldura de madera sobre una capa de pegamento y a la vez se ajustaron con cinta adhesiva. La viruta se colocó sobre la moldura, de tal forma que las traqueidas, que forman hilos) quedaran en forma vertical y los anillos de crecimiento pudieran ser visibles al microscopio.

### **3.3.2 Lijado y conteo**

Después de 24 horas una vez que el pegamento secó y la muestra quedó ajustada a la moldura, se procedió con el pulido mediante lijas de grano grueso a fino (granos 120 a 600) (Stokes y Smiley, 1968; Swetnam et al., 1985). Para trabajar con los núcleos de crecimiento de fresno, posterior a su lijado fue necesario sopletearlas, debido a que se saturan con polvo procedente del lijado y mediante esta acción se facilita discriminar los anillos de crecimiento. La limpieza de las muestras es necesaria, ya que el no hacerlo podría causar errores de medición, debido a que ésta especie forma anillos falsos que

pueden confundirse con anillos verdaderos. El conteo de anillos se realizó en un microscopio con objetivos de aumento de 10 a 20X.

### 3.3.3 Fechado

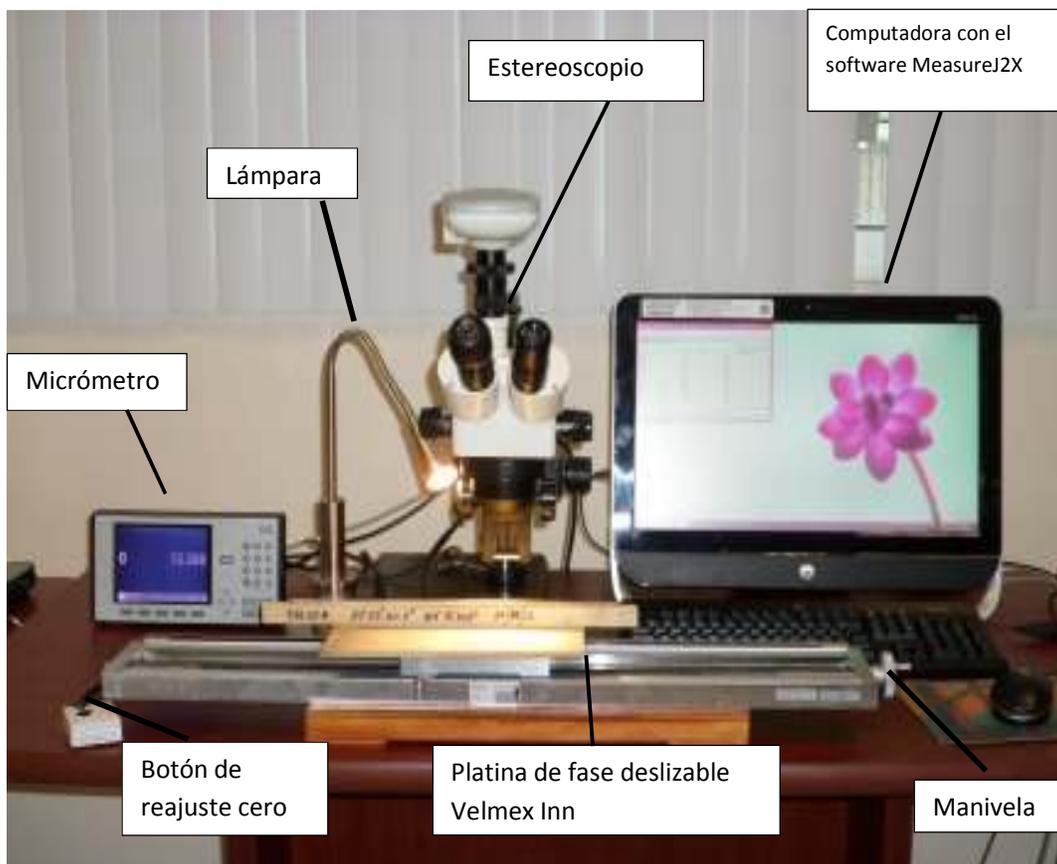
El conteo de los anillos de crecimiento se realizó de la corteza hacia la médula mediante el método de Stokes y Smiley (1968). , marcando con un punto, cada década; dos puntos alineados, cada cincuenta años y tres puntos alineados, cada cien años. En caso de existir anillos pequeños (microanillos) o anillos perdidos, se señalaron con dos puntos alternos alineados en ángulo. Los anillos falsos se señalaron con una línea diagonal. Para poder saber con más seguridad se identificó el inicio y el final de cada uno de los anillos de acuerdo con la descripción de la formación de los poros. Algunas muestras no se fecharon por problemas de nitidez en los límites de crecimiento de los anillos (figura 9).



**Figura 9. Vista de anillos falsos (línea diagonal), comparación entre dos muestras (BVC12A y BVC12B) del mismo árbol. Punto marcando la década.**

### 3.3.4 Medición de las muestras

Consistió en medir de manera individual cada anillo fechado, sólo se midió anillo completo debido a la dificultad de distinguir con exactitud los límites entre madera temprana y tardía. La medición de anillo total se realizó con un sistema de medición Velmex a una precisión de 0.001 mm. El sistema de medición está acoplado a una platina de fase deslizante, conectado a una computadora personal y se utilizó el software de medición “Measure J2X” para Windows y MeasurePJK5 para Mac (figura 10) (Robinson y Evans, 1980).



**Figura 10. Equipo de medición, donde se ejemplifica la posición correcta de una muestra para su medición; en este caso es la muestra PVL01A.**

### **3.4 Utilización de los programas de cómputo**

#### **3.4.1 Análisis del fechado con el programa COFECHA**

El archivo de la base de datos de medición de anillo total, se ingresó al programa COFECHA (Holmes, 1983). Dicho programa crea información que valora la calidad del fechado, aprueba estadísticamente el fechado de cada una de las series al correlacionarlas de forma individual con una serie maestra, la cual se basa en la medida registrada de la anchura de cada anillo del total de series individuales en periodos que se traslapan cada 50 años. Así mismo, el programa indica si los datos obtenidos de las mediciones eran correctos y al mismo tiempo, permitió definir posibles problemas de medición. Lo anterior se realizó por separado uno para el Parque Guadalupe Victoria y otro para el Bosque Venustiano Carranza.

Para ambos archivos fue necesario hacer algunas correcciones y con ello las modificaciones en cuanto a los problemas que indicó el programa COFECHA, por lo que se comparó la serie maestra de los sitios por separado, con las muestras que tuvieron problemas de fechado previamente a la medición. Una vez realizadas las correcciones, nuevamente se realizaron las mediciones a las muestras para aumentar la intercorrelación entre series.

#### **3.4.2 Elaboración de cronologías de anillos o series de tiempo**

Una vez verificadas las correcciones recomendadas por el programa COFECHA, se corrió el programa ARSTAN que generó tres versiones de la cronología, denominadas estándar, residual y arstan (Cook y Holmes, 1984).

La función de ARSTAN es estandarizar las series individuales de cada núcleo de crecimiento, ya que aísla la varianza debida a factores biológicos como edad crecimiento radial, productividad entre micrositos y cambios en el ambiente de los árboles no relacionados con el clima (Fritts, 1976). Al mismo tiempo, ARSTAN maximiza la varianza asociada a factores ambientales que afectan a la población en su conjunto, pues tiene la opción de ajustar diferentes curvas teóricas (recta, exponencial negativa, horizontal o spline de diferente rigidez), las cuales tratan de emular o reproducir las tendencias biológicas del

crecimiento. Para el caso de los dos parques de la comarca lagunera, se utilizó solamente la cronología estándar.

### **3.4.3 Comparación de los hechos históricos con las cronologías elaboradas**

Con base a eventos históricos del manejo de los dos bosques de la Comarca Lagunera, se realizó una comparación con los resultados de la cronología realizada y a su vez, con datos climáticos de las estaciones cercanas a los sitios de muestreo, para poder saber si los crecimientos anuales de esta especie dependen del clima o bien del manejo al que han sido sujetas o bien a ambos.

#### IV. RESULTADOS

La especie mostró el mismo patrón de crecimiento para un sitio en particular. El número de núcleos de crecimiento que se obtuvo en el Parque Victoria fue de 53, de los cuales 36 se pudieron fechar con buenas correlaciones. Del Bosque Venustiano Carranza se extrajeron 64 muestras, de ellas, 34 se fecharon con alta correlación. Cada sitio se trabajó por separado ya que se sitúan en diferentes estados. El análisis del programa COFECHA indicó que ambos parques de la Comarca Lagunera, cumplen con el mínimo de significancia  $r > 0.3281$ ,  $p < 0.01$ ) requerido para ser consideradas estadísticamente bien fechadas.

##### 4.1 Análisis del programa COFECHA para el Parque Guadalupe Victoria del Municipio de Lerdo Durango

Las correlaciones obtenidas para el parque Guadalupe Victoria fueron aceptables, indicadas en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Parque Victoria, Lerdo, Durango, el programa mostró una correlación de 0.444 y la extensión de la cronología se extendió de 1905 a 2012 (108 años).**

Parámetro	Resultado
Número de series fechadas	36
Serie maestra	1905-2012
Total de anillos en toda la serie	2654
Anillos fechados a comprobar	2652
Intercorrelación de series	0.444
Sensibilidad media	0.359
Segmentos con posibles problemas	17
Longitud media de las series	73.7

En el cuadro 2 se indica la correlación con la serie promedio desglosada para cada uno de los incrementos analizados en el parque Guadalupe Victoria.

**Cuadro 2. Matriz de correlación producida por el programa COFECHA para el Parque Victoria. Valores de correlación seguidos por la letra A y B, indican problemas de crecimiento y fechado, respectivamente.**

Número	Series	Periodo de tiempo	1900 1949	1925 1974	1950 1999	1975 2024
1	PVL01A	1907 2012	0.54	0.72	0.89	0.80
2	PVL18A	1910 2012	0.47	0.57	0.43	0.19B
3	PVL04A	1910 2012	0.65	0.69	0.82	0.77
4	PVL13A	1908 2012	0.48	0.52	0.69	0.56
5	PVL15A	1930 2012		0.24A	0.40	0.50
6	PVL06A	1905 2012	0.43	0.62	0.66	0.44
7	PVL24A	1960 2012			0.45	0.47
8	PVL10A	1957 2012			0.53	0.52
9	PVL36a	1922 2012	0.29A	0.33A	0.57	0.37
10	PVL48A	1950 2012			0.36	0.35
11	PVL45A	1934 2012		0.75	0.68	0.55
12	PVL08A	1940 2012		0.35	0.46	0.39
13	PVL32A	1952 2012			0.37	0.42
14	PVL26A	1960 2012			0.31A	0.33
15	PVL42A	1921 2012	0.41	0.41	0.64	0.58
16	PVL49A	1943 2012		0.38	0.38	0.61
17	PVL17A	1943 2012		0.36	0.38	0.46
18	PVL16A	1960 2012			0.44	0.50
19	PVL33A	1950 2012			0.43	0.42
20	PVL40A	1920 2012	0.47	0.43	0.63	0.30A
21	PVL21A	1970 2012			0.26A	
22	PVL12A	1948 2012		0.30A	0.30A	0.53
23	PVL20A	1933 2012		0.61	0.48	0.37B
24	PVL14A	1955 2012			0.47	0.56
25	PVL46A	1950 2012			0.55	0.45
26	PVL30A	1928 2012		0.31A	0.58	0.57
27	PVL05A	1960 2012			0.45	0.43
28	PVL54A	1950 2012			0.46	0.55
29	PVL44A	1955 2012			0.40	0.34
30	PVL37A	1922 2012	0.43	0.47	0.55	0.51
31	PVL41A	1940 2002		0.32A	0.38	0.25B
32	PVL11A	1938 2012		0.33A	0.35	0.30A
33	PVL53A	1928 2012		0.31A	0.38	0.30B
34	PVL47A	1948 2012		0.55	0.54	0.48
35	PVL22A	1937 2012		0.34	0.42	0.58
36	PVL03A	1960 2012			0.48	0.48
<b>Correlación por segmentos</b>			0.46	0.45	0.49	0.46

Para lograr la correlación señalada, fue necesario analizar posibles anomalías encontradas y corregirlas.

#### **4.2 Análisis del programa COFECHA para el Bosque Venustiano Carranza del Municipio Torreón Coahuila**

Las correlaciones entre series para el bosque Venustiano Carranza fueron superiores a las obtenidas para el Parque Guadalupe Victoria, como lo demuestra el análisis de COFECHA (cuadro 3).

**Cuadro 3. En Bosque Venustiano Carranza se obtuvo una correlación de 0.489 para una cronología que se extendió de 1960 a 2012 (53 años).**

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>
Número de series fechadas	34
Serie maestra	53 años
Total de anillos en toda la serie	1364
Anillos fechados a comprobar	1363
Intercorrelación de series	0.489
Sensibilidad media	0.439
Segmentos con posibles problemas	8
Longitud media de las series	40.1

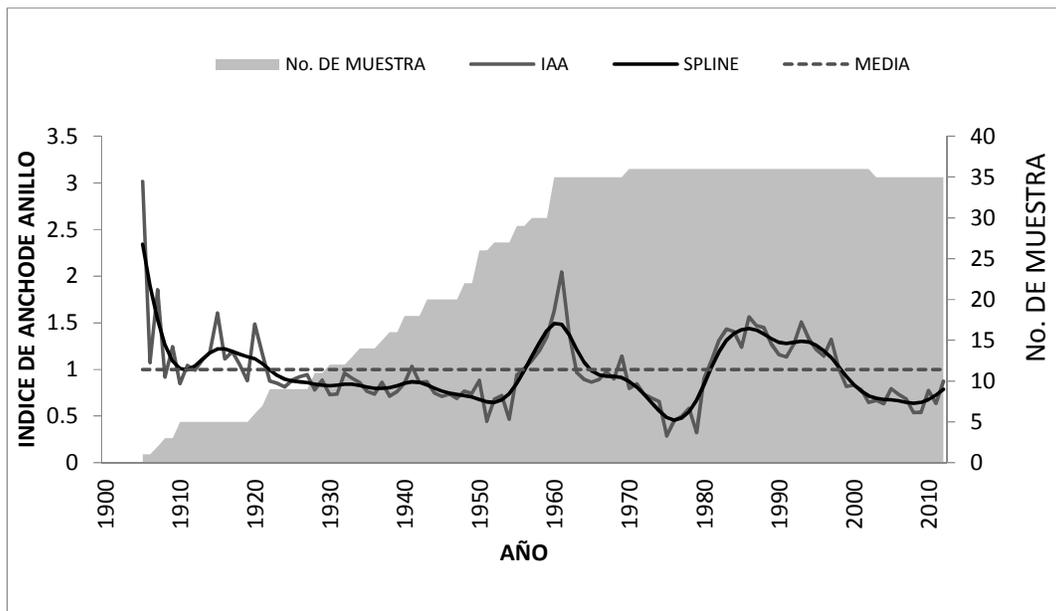
De manera desglosada en el cuadro 4 se indica la correlación con la serie promedio para cada uno de los incrementos analizados en el Bosque Venustiano Carranza

**Cuadro 4. Matriz de correlación del programa COFECHA para el Bosque Venustiano Carranza del Municipio de Torreón, donde se muestra a las correlaciones ( $p < 0.01$ ) entre series.**

Número	Series	Periodo de tiempo	1950 1999	1975 2024
1	BVC12A	1964 2012	0.72	
2	BVC12B	1964 2012	0.66	
3	BVC11B	1979 2012		0.70
4	BVC11A	1982 2012		0.30A
5	BVC06A	1972 2012	0.50	
6	BVC06B	1963 2012	0.56	
7	BVC09A	1968 2012	0.53	
8	BVC07B	1961 2012	0.35	0.38
9	BVC03A	1979 2012		0.42
10	BVC10B	1985 2012		0.66
11	BVC10A	1970 2012	0.44	
12	BVC04B	1963 2012	0.40	
13	BVC32A	1980 2012		0.77
14	BVC32B	1979 2012		0.51
15	BVC33A	1981 2012		0.22A
16	BVC24A	1970 2012	0.47	
17	BVC18B	1972 2012	0.46	
18	BVC01A	1968 2012	0.36	
19	BVC24B	1973 2012	0.37	
20	BVC23A	1968 2012	0.23A	
21	BVC02A	1960 2009	0.32A	
22	BVC30A	1974 2012	0.30A	
23	BVC07A	1964 2012	0.61	
24	BVC13A	1984 2012		0.48
25	BVC15A	1968 2012	0.19A	
26	BVC15B	1968 2012	0.45	
27	BVC04A	1970 2012	0.39	
28	BVC20A	1965 2012	0.30A	
29	BVC17A	1970 2009	0.33	
30	BVC09B	1983 2012		0.26A
31	BVC34A	1985 2012		0.55
32	BVC28A	1980 2012		0.73
33	BVC35A	1980 2012		0.69
34	BVC21B	1980 2012		0.55
<b>Correlación por segmentos</b>			0.43	0.52

#### 4.3 Análisis de las series de tiempo generada para el Parque Guadalupe Victoria del Municipio de Lerdo, Durango.

Los índices dendrocronológicos para el Parque Guadalupe Victoria se extienden de 1908 a 2012 y muestran períodos en que los crecimientos fueron inferiores a la media (figura 11).

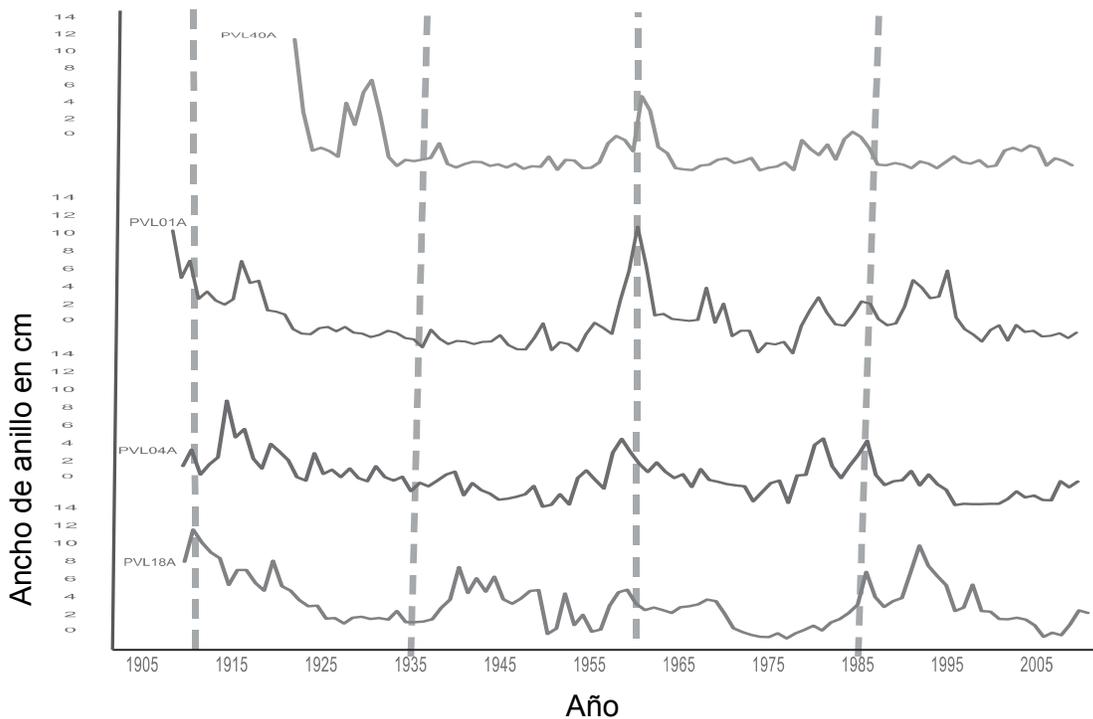


**Figura 11. Cronología de índice de anillo total generada para Parque Guadalupe Victoria, Lerdo, Durango. A la cronología se le ajustó una línea decenal flexible para resaltar eventos de baja frecuencia.**

Los años con valores de índices elevados ocurridos en el período 1905-1908, sugiere que la plantación estuvo bien atendida en términos de disponibilidad de agua; esta tendencia continuó en los años de 1914 a 1922, donde el crecimiento fue adecuado, exceptuando 1911 con bajo crecimiento. En el período 1953-1958 se produjo una liberación en crecimiento, no obstante problemas de sequía reportados en gran parte del norte de México; situación atribuida a la aplicación de riego de manera satisfactoria; la misma situación ocurrió de 1982 a 1997, pero de ese año en adelante, los crecimientos cayeron por debajo del valor promedio, lo que puede ser indicativo de una falta de agua, que no permitió que el arbolado desarrollara radialmente de manera adecuada;

esta misma situación se presentó en gran parte de la vida del arbolado. La longevidad de la especie que supera los 200 años de vida hace suponer que la reducción en crecimiento no se asocia a este factor de edad y más bien problemas de pudriciones y subsecuente afectación por plagas y enfermedades pudieran tener un efecto de detrimentos en las tasas de crecimiento anual.

Para analizar a detalle el incremento radial y la posible influencia del manejo, se seleccionaron y graficaron diversas series de crecimiento de anillo total. El incremento radial anual, sin ninguna estandarización puede reflejar de mejor manera la influencia del manejo a que fue sujeto el arbolado durante el período de comparación (figura 12).



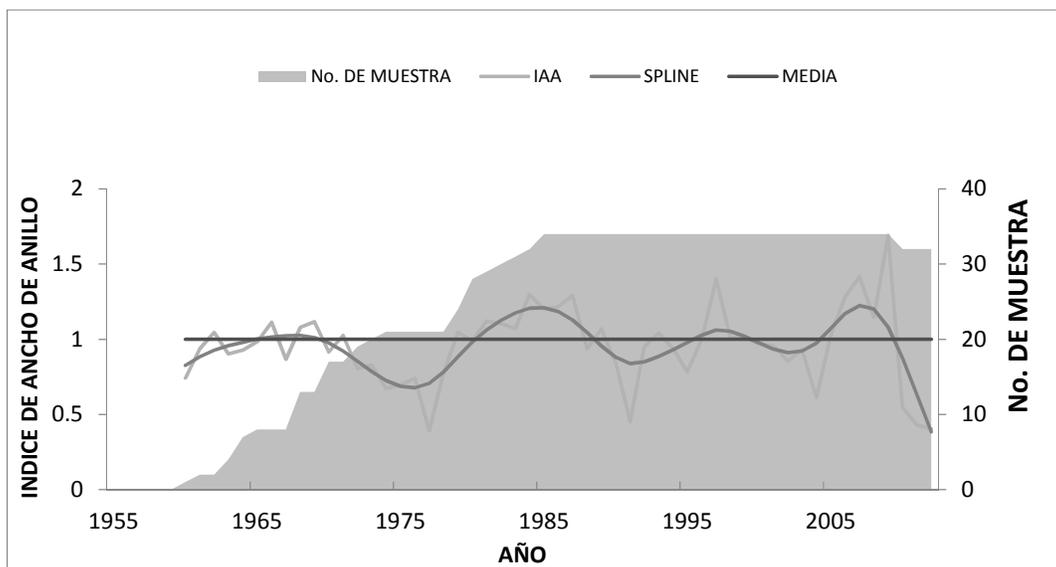
**Figura 12. Comparación de series de crecimiento radial, la serie más joven es PVL40A, las series de años similares son PVL04A y PVL18A. La muestra más longeva es PVI01A. Los años con mayor coincidencia se encuentran marcados por una línea vertical punteada.**

Del gráfico anterior se pudo observar años comunes con elevado crecimiento como fueron 1910, 1960, 1969, 1983, y 1993 los cuales demuestran que el manejo del parque el riego adecuado favoreció el crecimiento de la mayoría de

los individuos presentes en el parque, situación que también pudo verse beneficiada por la presencia de condiciones climáticas adecuadas para su crecimiento. Los especímenes con una respuesta climática homogénea se ubicaron en sitios aledaños, situación probablemente que hubiera cambiado con especímenes creciendo en calidades de sitio diferentes.

#### 4.4 Análisis de la serie dendrocronológica para el Bosque Venustiano Carranza del Municipio de Torreón Coahuila.

Para el caso del Bosque Venustiano Carranza se elaboró también una cronología con el programa ARSTAN, que se extendió de 1960 a 2012 (53 años) (Figura 13).



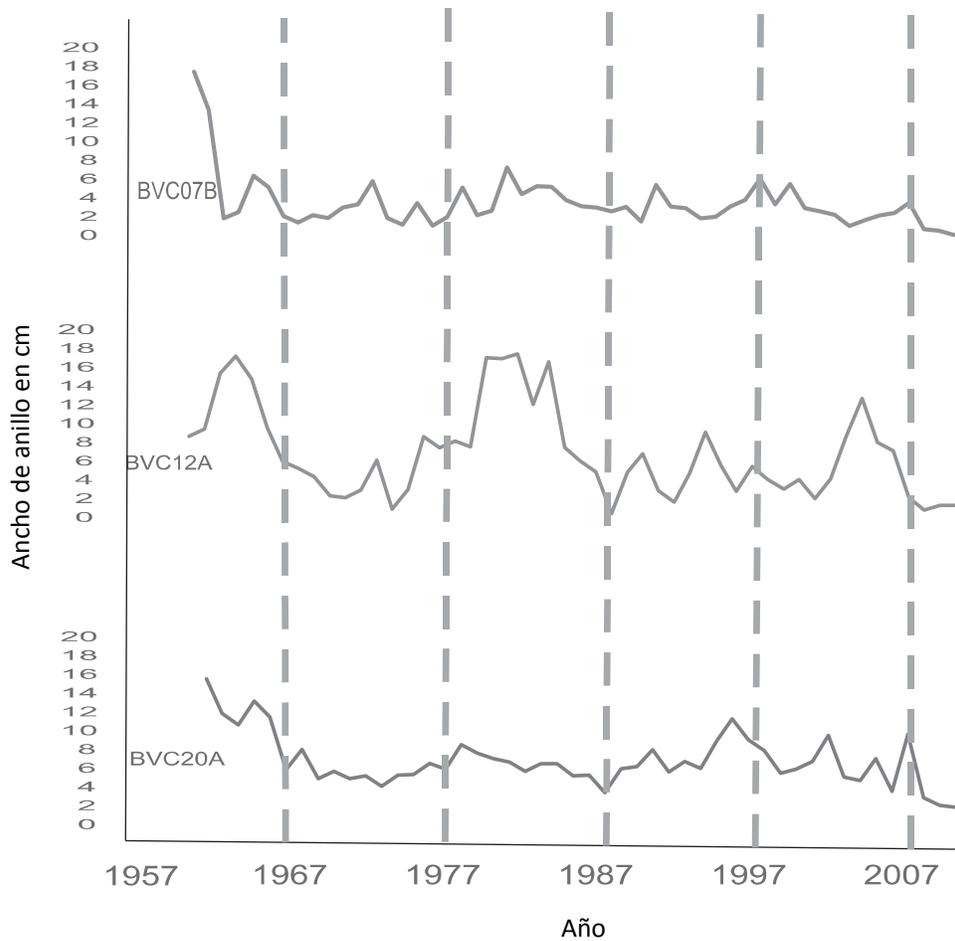
**Figura 13. Serie dendrocronológica de fresno para el Bosque Venustiano Carranza.**

Considerando que a la plantación por ser un bosque urbano, se le provee de riego artificial y de manejo en general, los valores en la serie dendrocronológica que superaron la media, sugieren un adecuado manejo y suministro de riego para los años 1966, 1969, (1981-1987) y (1996-2010).

Años con índices por debajo de la media, sugiere que el manejo pudiera no haber sido el adecuado, tal es el caso de los años 1971-1979, 1989-1995 (exceptuando 1993) y 2000-2005, En los últimos años de la cronología (2011-2012) dominaron condiciones de sequía extrema en la mayor parte de la región

y la provisión de agua al arbolado no fue suficiente para que este mostrara un adecuado crecimiento.

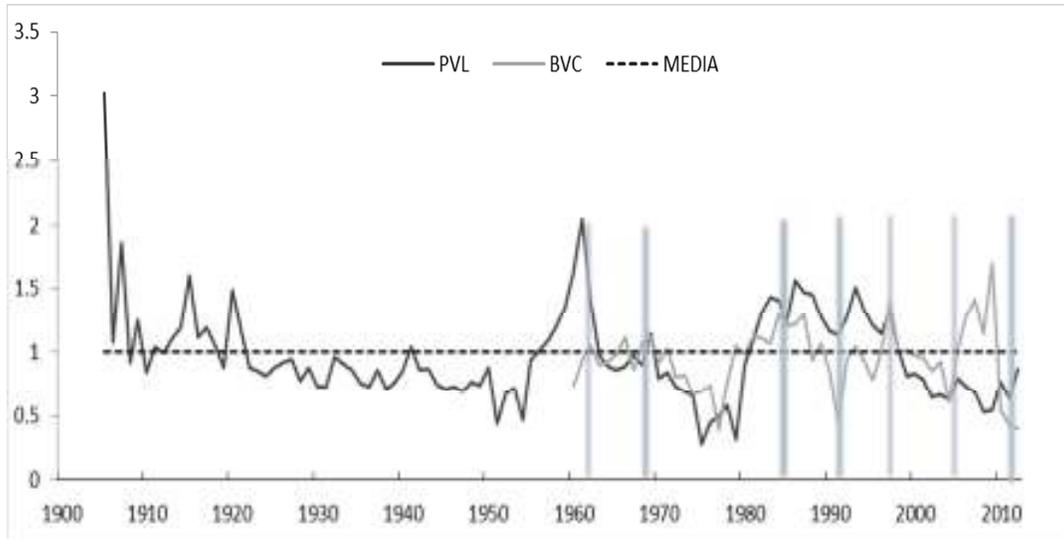
Para observar con detalle el crecimiento de árboles individuales, se integran algunos de los más representativos en el siguiente gráfico (figura 14).



**Figura 14. Crecimiento radial de árboles representativos de los tres sectores en los que se divide el parque. Las líneas punteadas son años con un comportamiento similar en crecimiento. La serie BVC07B proviene del sector 1, la serie BVC12A del sector 2 y BVC20A del 3.**

#### 4.5 comparación de eventos de alta y baja frecuencia para ambos sitios

Para poder analizar el manejo del arbolado en ambos sitios de estudio, las dos cronologías se compararon en término de sus índices anuales (figura 15).



**Figura 15. Comparación entre los índices dendrocronológicos de los sitios de estudio. Se marcan con líneas los períodos que mostraron similitud en términos de crecimiento para ambos sitios.**

Ambas cronologías mostraron similitudes en crecimiento en el año 1962, 1969, 1985 con valores superiores a la media. En 1972-1982 se detectó una caída en los valores para ambos sitios, posteriormente en 1992 hay una baja aún mayor más drástica para el Bosque Venustiano Carranza que para el parque Guadalupe Victoria. En 1998 se vuelve a marcar un incremento, seguido por otra baja una vez más en (2004-2006). Finalmente de 2010 a 2012 los crecimientos disminuyeron para ambas cronologías. La similitud en respuestas puede atribuirse al manejo, pero también a condiciones climáticas dominantes con una influencia directa en la disponibilidad de agua con fines de irrigación.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1 Características identificadas en respuesta al método dendrocronológico descrito por Holms de la especie *Fraxinus uhdei*

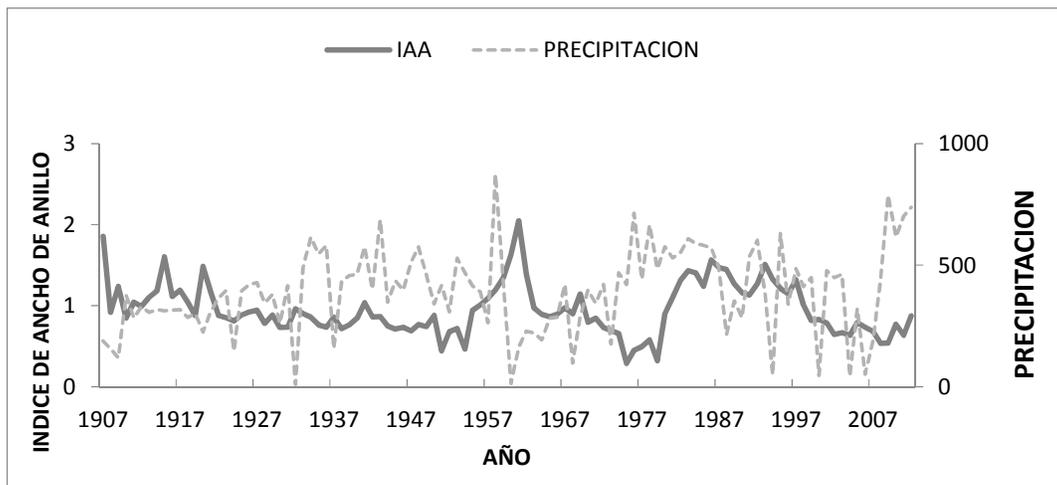
Hasta hace algunos años se tenía la creencia generalizada de que las especies tropicales no producían anillos de crecimiento anual; esta idea ha cambiado y actualmente existen estudios dendrocronológicos que demuestran la existencia de anillos de crecimiento anual (Roig et al., 2012). Para el caso de fresno estudios previos han demostrado la formación de anillos de crecimiento anual (Beramendi *et al.*, 2013); en este estudio se corrobora mediante la generación de dos cronologías de anillo total perfectamente fechadas que ésta especie produce crecimientos anuales.

El fresno al igual que otras especies riparias como ahuehuete (*Taxodium mucronatum*) posee problemas de crecimiento radial al tener crecimientos irregulares debido a problemas de liberación y compresión; esta situación origina que las correlaciones entre series sea baja y que la especie no tenga alta sensibilidad como otras especies de coníferas (Villanueva et al., 2010). La influencia humana posiblemente ha tenido influencia en promover la irregularidad de estos crecimientos al remover especímenes de su medio natural y confinar a estas especies en lugares específicos como son los sistemas riparios (Rzedowski, 2005). La plantación de fresno en parques urbanos y la capacidad de la especie de formar anillos anuales aun en condiciones de manejo, permite su estudio y la influencia que tiene acciones como riego en el crecimiento radial de la especie.

La tinción de anillos de crecimiento para facilitar su fechado es de utilidad (Miranda, 2009), no obstante, que también es importante enfatizar la limpieza de los poros que se obstruyen durante el lijado, lo cual facilita identificar anillos falsos y definir con claridad los límites entre un anillo y otro.

Debido a la baja auto correlación entre series el tamaño de muestra para generar una cronología de esta especie demanda un número mayor de muestras que debe proceder de al menos 25 árboles en comparación a otras especies más sensibles con menor requerimiento de muestras.

## 5.2 Serie de Anillo total del fresno en el Parque Victoria, datos climáticos y manejo.

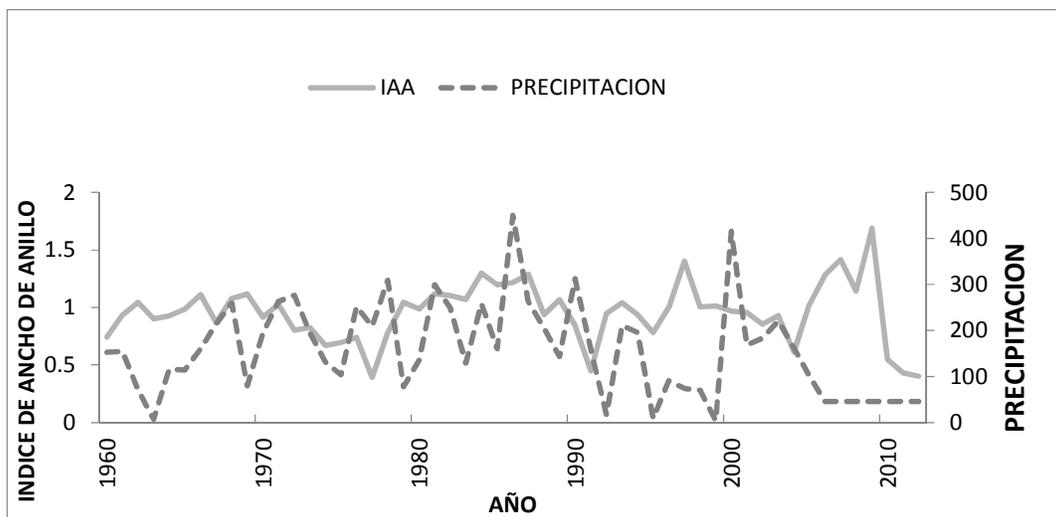


**Figura 16. Comparación de serie dendrocronológica generada para el parque Guadalupe Victoria con registros de estación climática cercana.**

La serie dendrocronológica del Parque Victoria al relacionarse con datos de precipitación reconstruida para la parte baja de la cuenca del Nazas mostró concordancia para ciertos años, como fueron los años húmedos de 1907 a 1922 y 1983 a 1987 (Villanueva et al., 2005). Este comportamiento también pudo estar relacionado con una mayor disponibilidad de agua para riego en estos periodos, ya que en esa época se irrigaba con agua del Nazas a través de canales (cronista de la ciudad de Lerdo, Durango, José Vargas, comunicación personal, Marzo 2013). Los registros climáticos de la estación climática Torreón muestran precipitación por encima de la media en 1961, pero baja en 1965 y 1968, pero por encima de la normal en 1997 con 485.0 mm, situación reflejada en mayor o menor crecimiento con los árboles de fresno. Para otros años no hubo concordancia, tal es el caso de 1928, cuando se inundó el parque pero el crecimiento radial no fue grande, situación que pudo

haber afectado el crecimiento debido a condiciones anaeróbicas (Rivera-Builes, 2013). Otras acciones de manejo como el cambio de sistema de riego ocurrido en 1979 cuando se implementó sistema presurizado de riego por aspersión, pudo haber afectado el sistema radical, que tuvo que ajustarse a este nuevo sistema, lo cual se reflejó como una disminución en crecimiento radial.

### 5.3 Serie de anillo total del fresno en el Bosque Venustiano Carranza, datos climáticos y manejo



**Figura 17. Comparación de serie dendrocronológica generada para el bosque Venustiano Carranza con registros de estación climática cercana.**

Al comparar los registros climáticos de precipitación con la serie dendrocronológica para este sitio, se observó una alta correspondencia entre el buen crecimiento radial de los años 1968 y 1971 y una precipitación de 260 mm. Aunque el año de 1979 fue seco, los árboles indicaron adecuado crecimiento, lo que se puede atribuir a la aplicación de agua mediante riego; situación similar ocurrió en 1997 y en el período 2007-2009. La aplicación del riego en este sector del bosque, dividido en 16 sectores para este propósito, se lleva a cabo diariamente en un período de 20 a 30 minutos (Director del bosque Venustiano Carranza del municipio de Torreón, comunicación personal, Ing. Baldomero Huerta, septiembre 2013).

Períodos con crecimiento radial limitado se detectaron de 1961 a 1965, situación que coincide con baja precipitación (150 mm). El año de 1976 indicó escaso crecimiento, lo cual se atribuye a problemas de disturbio del suelo por la construcción del Museo de Antropología e Historia (Director del bosque Venustiano Carranza del municipio de Torreón, comunicación personal, Ing. Baldomero Huerta, septiembre 2013). Más tarde en 1992 se registró sólo 63 mm de lluvia y no se proveyó al árbol con riego suficiente para permitirle un adecuado crecimiento. El mal funcionamiento del sistema de irrigación aunado problemas de escasa lluvia han ocasionada un decremento del crecimiento del arbolado en los últimos años; situación que debe mejorarse para permitir que el arbolado continúe desarrollándose de manera adecuada.

#### **5.4 Comparación entre cronologías generadas para ambos sitios**

Los incrementos radiales del fresno en los sitios estudiados concuerdan con eventos extremos del Niño Oscilación del Sur (ENSO), que afecta en particular la parte alta de la cuenca del río Nazas que produce el agua utilizada posteriormente en la parte baja de dicha cuenca (Cerano et al., 2011). De esta manera, la fase fría de ENSO produjo sequías en los años de 1974-1975 y 1988-1989, situación que se refleja como menor crecimiento para esos años en el arbolado. De otra manera la fase cálida de ENSO incrementó la precipitación en los años de 1987, 1992 y 1997 que derivó en un incremento del crecimiento radial de los árboles de fresno. Esta respuesta se relaciona de manera indirecta, ya que cuando existen escases de agua se reduce el riego y viceversa cuando se capta una mayor cantidad de agua en las presas.

## VI. CONCLUSIONES

Acorde a los resultados obtenidos de los programas dendrocronológicos utilizados (COFECHA, ARSTAN), el fresno tiene alto potencial para estudios dendrocronológicos aun en condiciones de manejo como fue el caso de los parques Guadalupe Victoria y Venustiano Carranza. La formación de crecimientos anuales, permite realizar estudios para determinar la eficiencia del manejo al que es sujeto el arbolado; lo que permite realizar mejoras para maximizar su crecimiento y prolongar la esperanza de vida de la especie.

En ambos parques se determinó que el fresno tiene alta influencia del manejo, en especial el riego; no obstante, que modificaciones al suelo, también producen un impacto negativo en los crecimientos.

Por su hábitat tropical, este estudio dendrocronológico contribuye a mejorar la red dendrocronológica con este tipo de especies, las cuales son difíciles de generar debido a problemas de crecimiento como es la formación de crecimientos irregulares y presencia frecuente de anillos falsos.

## VII. LITERATURA CITADA

- BENAVIDES - MEZA, H. M., LÓPEZ - MARTÍNEZ, R. & FLOES - HERNÁNDEZ, J. 2002. Daños a banquetas por arbolado de alineación establecido en cepas en la Delegación Coyoacán, Distrito Federal. *Ciencia Forestal en México*, 27, 25.
- BERAMENDI - OROZCO LAURA E., HERNÁNDEZ - MORALES, SERGIO, GONZALES - HERNÁNDEZ, GALIA, CONSTANTE - GARCÍA VICENTA, VILLANUEVA - DÍAZ J. 2013. Dendrochronological potential of *fraxinus uhdei* and its use as bioindicator of fossil co2 emissions deduced from radiocarbon concentrations in tree rings. Proceedings of the 21st International Radiocarbon Conference. 55, 8.
- BENAVIDEZ - MEZA, H. M., FERNÁNDEZ - GRANDIZO, D. Y., SÉÛLVEDA - JIMÉNEZ, V. A., GAZCA - GUZMÁN, M. O. & LÓPEZ - LÓPEZ, F. 2012. Validación de tecnología en arboricultura y dasonomía urbanas de CENID-COMEF/INIFAP. *In: INIFAP (ed.)*. Centro nacional de Investigación Disciplinaria en conservación y mejoramiento de Ecosistemas Forestales.
- CERANO - PAREDES, J., VILLANUEVA - DÍAZ, J., Z.- FULÉ, P., CONSTANTE - GARCÍA, V. & ESTRADA - ÁVALOS, J. 2009. Selección de áreas de estudio. Diseño del muestreo. *In: INIFAP, C.-R. (ed.)* Primera ed. Gómez Palacio, Dgo. MÉXICO.
- CERANO-PAREDES JULIÁN; VILLANUEVA-DÍAZ J.; VALDEZ-CEPEDA RICARDO D.; JOSÉ ARREOLA-ÁVILA GUADALUPE; CONSTANTE-GARCÍA VICENTA. 2011. El niño Oscilación del sur y sus efectos en la Precipitación en la parte alta de la Cuenca del Río Nazas. REDALYC. XVII.10.

- CONABIO 1907. *Fraxinus uhdei*. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, 40, 221.
- CONAFOR 2001. *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Ligels. *SIRE-Paquetes Tecnológicos*, 7.
- CONAFOVI 2005. Guía para el diseño de áreas verdes en desarrollos habitacionales. *In: VIVIENDA, C. N. D. F. A. L. (ed.)* Primera ed.
- CONSTANTE-GARCÍA, V. 2012. La madera: estructura, función, formación y mantenimiento. *Ecología Forestal: Estructura, Funcionamiento y Producción de las masas forestales*.
- COOK, E.R. AND HOLMES R.H. 1984. Program ARSTAN and users manual. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona. Tucson, AZ. 15p.
- CUFAR, K. 2007. Denrocronología y la actividad humana- una revisión desde el 2000. *TREE-RING RESEARCH*, 63, 47-60.
- CLEAVELAND, M.K. D.W.STAHLE, M.D THERELL, J, VILLANUEVA-DÍAZ, B.T. BURNS.2003. Tree-ring reconstructed winter precipitation in Durango, México.*Climatic Change* 59: 369-388.
- CRONISTA DE LA CIUDAD DE LERDO, DURANGO, JOSÉ VARGAS, comunicación personal, Marzo 2013.
- DIRECTOR DEL BOSQUE VENUSTIANO CARRANZA DEL MUNICIPIO DE TORREÓN, BALDOMERO HUERTA, comunicación personal, Septiembre 2013.
- FRANCIS, J. K. 1990. *Fraxinus uhdei*. *New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.*, 28, 4.
- FRITTS, H. C. 1976. *Tree-rings and Climate.* , London - New York - San Francisco.
- GILDARDO - JIMÉNEZ, J. A. 2011. Dendrocronología en el Trópico: aplicaciones actuales y potenciales. *Revista Colombia Forestal*, 14, 15.

- GIRALDO-JIMÉNEZ, J. A. & DEL VALLE-ARANGO, J. I. 2011. Estudio del crecimiento de *Prioria copaifera* (Caesalpinaceae) mediante técnicas dendrocronológicas. *Rev. Biol. Trop.*, 59, 1813-1831.
- HOLMES, R.L. 1983. Computer-assited quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69-78.
- INEGI 2013. Prontuario de información geográfica municipal, Lerdo, Durango. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI 2013. Prontuario de información geográfica municipal, Toreón Coahuila. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- RZEDOWSKI, G. C. DE, J. RZEDOWSKI Y COLABORADORES, 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª. ed., 1ª reimpresso., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.
- RIVERA-BUILES, C. 2013. *Potencial dendrocronológico de árboles de la Amazonia Colombiana*. Maestría, Universidad Nacional de Colombia sede Amazonía.
- ROIG - JUÑENT, F. A., VILLANUEVA - DÍAZ, J., JÍMENEZ - OSORNIO, J. J., HAYDEN, J. W., BARAJAS - MORALES, J. & LUCKMAN, B. H. 2012. *Anatomía de las maderas en comunidades rurales de Yucatán*
- ROBINSON, W. J. AND R. EVANS. 1980. Amicrocomputer-based tree-ring measuring system. *Tree-ring bulletin*. 40: 59 – 64.
- ROBLES-VILLANUEVA, F. (2010). "Inventario y caracterización dasonómica de los árboles urbanos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec Morelos. División de Ciencias Forestales. México, Universidad Autónoma de Chapingo. Ingeniero: 123.

STOKES, M. A. AND T. SMILEY. 1968. An Introduction to Tree-Ring Dating. University of Chicago Press, Chicago. 73 p

MIRANDA-AVILÉS, R., M. J. PUY-ALQUIZA, ET AL. (2009). "Potencial del Uso del Fresno (*Fraxinus udhei*) en Estudios Dendrocronológicos." *Redalyc Conciencia Tecnológica* 38: 7.

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.

VILLANUEVA - DÍAZ J., CERANO - PAREDES, J., ESTRADA - ÁVALOS J., MORÁN - MARTÍNEZ R. CONSTANTE - GARCÍA VICENTA. 2010. Precipitación y gasto reconstruido en la Cuenca baja del Río Nazas. *REV. MEXICANA DE CIENCIAS FORESTALES*.1, 15.

VILLANUEVA - DÍAZ, J., CERANO-PAREDES, J., STAHL, D. W., THERRELL, M. D., CLEVELAND, M. K. & FULÉ, P. Z. 2013. La dendrocronología y reconstrucciones paleoclimáticas en el norte-centro de México. III, 25.

VILLANUEVA - DÍAZ, J., LUCKMAN, B. H., STAHL, D. W., THERRELL, M. D., CLEVELAND, M. K., CERANO-PAREDES, J., GUTIERREZ-GARCÍA, G., ESTRADA-ÁVALOS, J. & JASSO-IBARRA, R. 2005. Hydroclimatic variability of the upper Nazas basin: Water management implications for the irrigated area of the Comarca Lagunera, Mexico. *ELSEVIER*, 22, 9.