



Artículo / Article

## Crecimiento radial anual del fresno (*Fraxinus udhei* (Wenz.) Lingelsh.) en dos parques de la Comarca Lagunera

## Annual radial growth of tropical ash (*Fraxinus udhei* (Wenz.) Lingelsh.) in two parks of the *La Laguna* Region

José Villanueva Díaz<sup>1</sup>, Emilia Raquel Pérez Evangelista<sup>1</sup>, Laura Beramendi Orozco<sup>2</sup>  
y Julián Cerano Paredes<sup>1</sup>

### Resumen

El fresno es el árbol representativo de los parques urbanos en la Comarca Lagunera y su hábitat ripario supone una alta demanda hídrica. Se desarrollaron dos cronologías de anillo total con individuos de fresno, para los Parques Guadalupe Victoria (PGV), período 1905-2012 y Bosque Venustiano Carranza (BVC), 1960-2012. Los parámetros dendrocronológicos como intercorrelación entre series y sensibilidad media con valores de 0.44 y 0.359 para el PGV y 0.49 y 0.439 para el BVC, sugieren una variación interanual aceptable. No se obtuvo una asociación significativa entre los registros de precipitación anual e índices de ancho de anillo ( $p>0.05$ ); sin embargo, se observó que en años con precipitación inferior al promedio (170 a 175 mm), los crecimientos fueron superiores en ambos sitios, situación atribuible al suministro adicional de agua, mediante riego. En años con precipitación elevada, el crecimiento fue menor. Las series de crecimiento anual calculadas con la medición del grosor de los anillos de crecimiento indican que en ciertos años el crecimiento fue mínimo, lo que en general se atribuye a un déficit hídrico, provocado por riego insuficiente; aunque, de acuerdo a la información histórica disponible, lo anterior puede estar relacionado, también, con acciones de disturbio como construcción de edificaciones dentro de los parques y pavimentación de corredores. Las series de crecimiento anual del fresno, en ambos parques, muestran diferencias que responden al manejo. El mínimo crecimiento observado en los últimos anillos en el PGV, pone en peligro su permanencia.

**Palabras clave:** Áreas verdes, dasonomía urbana, clima, dendrocronología, manejo, riego.

### Abstract

Tropical ash, a riparian tree with high water demand, is widely planted in urban parks of the *Comarca Lagunera* Region. Two ring-width chronologies were developed from selected trees in the *Guadalupe Victoria* park (PGV, Spanish acronym) and the *Venustiano Carranza* forest (BVC, Spanish acronym) covering the periods from 1905 to 2012 and from 1960 to 2012, respectively. Series intercorrelation and mean sensitivity values -0.44 and 0.359 for PGV, and 0.49 and 0.439 for BVC, respectively- were within the normal range, indicating interannual variability in growth. No significant relationship was found between annual precipitation and ring-width indices ( $p>0.05$ ), however, for particular years with a precipitation below the mean (170 to 175 mm), radial growth was above normal, a situation that may be due to additional water supply through surface or pressurized irrigation. On the other hand, radial growth was lower during certain specific years with above-average precipitation, a situation that may be ascribed to a reduction or absence of water supply. Ring-width series showed that radial growth was lower than normal for certain years due to a combination of water deficit and other disturbances such as the movement of earth for construction purposes and the paving of roads. Comparison of ring-width indices between sites shows differences in management. The recent drop in growth of the older tropical ash trees of PGV has made them more susceptible to attacks by insects and diseases favored by water deficit.

**Key words:** Green areas, urban forestry, climate, dendrochronology, management, irrigation.

Fecha de recepción/date of receipt: 27 de enero de 2015; Fecha de aceptación/date of acceptance: 12 de junio de 2015.

<sup>1</sup> El Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera. INIFAP. Correo-e: villanueva.jose@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

## Introducción

Los parques urbanos constituyen áreas de esparcimiento para la sociedad y crean condiciones ecológicas que minimizan las fluctuaciones del clima, generan un microclima especial, son sumideros de carbono, disminuyen la contaminación por ruido y actúan como barreras rompevientos, entre muchos otros beneficios (de Frutos y Esteban, 2009). Su funcionalidad debe de considerar una serie de factores en su diseño, tales como su ubicación, infraestructura, capacidad para soportar un número específico de paseantes, mantenimiento, densidad y composición de especies (Chiesura, 2004). En el México antiguo y poscolonial se consolidaron como sitios de recreación de la población de todos los niveles económicos; y, en muchos casos, en sus alrededores se asentaban las estructuras políticas de gobierno (Chávez, 2009); en este aspecto, cobran relevancia los jardines botánicos prehispánicos que fueron orgullo de las culturas indígenas y que sirvieron como sitios de meditación, entrenamiento militar y recreación para la población (Heyden, 2002). Sin embargo, su creación no siempre se ha fundamentado en una buena planeación técnica y logística, por lo que a veces no proporcionan a la sociedad todos los beneficios potenciales que serían capaces de generar (Puyuelo y Gual, 2009).

En la Comarca Lagunera, Coahuila y Durango, dominada por condiciones semiáridas, los parques urbanos existentes tienen una composición de especies que, por lo general, no corresponden al hábitat que caracteriza a esa región y, en su mayoría, son de alta demanda hídrica (Transconsult, 2014); una de ellas es el fresno (*Fraxinus udhei* (Wenz.) Lingelsh.), nativa de ambientes riparios de México y que crece exitosamente en diferentes condiciones de suelo (Chacalo *et al.*, 2000) y climas (Rzedowski, 1986).

Al ser establecida en sitios con un clima semiárido, demanda agua de forma adicional para desarrollarse. En la región lagunera, las primeras plantaciones se suplementaban con el líquido procedente de acequias con agua de escurrimiento de las presas establecidas en la corriente principal de la cuenca del río Nazas; en la actualidad, los parques con fresnos, se riegan con agua tratada de industrias y del acuífero freático, que debido a la creciente demanda, ya experimenta problemas serios de abatimiento del nivel (Conagua, 2009). Otras especies comunes en los parques son también introducidas como ficus (*Ficus* sp.), truenos (*Ligustrum* sp.) y eucaliptos (*Eucalyptus* spp.), de alta demanda hídrica.

Los volúmenes de agua que en el pasado se han suministrado a las plantas en los parques no ha sido constante a través del tiempo y su distribución estuvo en función de su disponibilidad en las presas, lo que en años de escasez favoreció que no se proporcionaran las cantidades demandadas por los árboles, con la consecuente mortandad, pérdida de vigor y mayor susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades. Así, el

## Introduction

Urban parks are recreational areas for society and create ecological conditions that minimize climatic fluctuations, generate a special microclimate, are carbon sinks, reduce noise pollution and act as windbreaker barriers, among many other benefits (de Frutos and Esteban, 2009). Their functionality must take into account a series of factors in their design, such as their location, infrastructure, ability to support a specific number of strollers, density, species composition and maintenance (Chiesura, 2004). In ancient and post-colonial Mexico, these green areas were established as recreational sites for the population of all economic levels, and in many cases, the political structures of the government established themselves in their surroundings (Chávez, 2009). Outstanding in this respect, were the pre-Hispanic botanical gardens, which were the pride of ancient Mexico and served as locations for meditation, military training and recreation for the population (Heyden, 2002). However, these parks have not always been created upon the basis of good technical and logistic planning, and therefore they sometimes do not provide society with all the potential benefits that they should be able to generate (Puyuelo and Gual, 2009).

In the *Comarca Lagunera* Region of the states of *Coahuila* and *Durango*, dominated by semiarid conditions, the existing urban parks contain species that generally do not correspond to the characteristic habitat of this region and most of which have a high water demand (Transconsult, 2014); one of them is the tropical ash (*Fraxinus udhei* (Wenz.) Lingelsh.), a native of riparian habitats of Mexico that grows successfully in different soil conditions (Chacalo *et al.*, 2000) and climates (Rzedowski, 1986).

When established in sites with a semiarid climate, the species demands additional water in order to develop. In the lagoon Region, the first plantations were supplemented with water from irrigation canals filled with runoff water from the dams built in the main current of the basin of the Nazas river; today, parks with tropical ash trees are irrigated with treated water from industries and with water from the aquifers, whose levels are becoming lower due to the growing demand, and are therefore experiencing serious problems (Conagua, 2009). Other common species introduced in the parks of this region are ficus (*Ficus* sp.), privet (*Ligustrum* sp.) and eucalyptus (*Eucalyptus* spp.), also with a high water demand.

The volumes of water that have been supplied to the plants in these parks have not been constant through time, and their distribution was determined by the availability of water in the dams; this prevented supplying the trees with the amounts of water that they required in the years of drought, causing an increase of mortality rates, loss of vigor and a higher susceptibility to attack by pests and diseases. Thus, the purpose of the present study was to analyze the behavior in terms of the annual radial

objetivo del presente estudio fue analizar el comportamiento en incremento radial anual del fresno en dos parques de la Comarca Lagunera, conocidos como Parque Guadalupe Victoria en Lerdo, Durango (PGV) y Bosque Venustiano Carranza en Torreón, Coahuila (BVC), bajo la hipótesis de que en condiciones climáticas similares, el crecimiento radial de los árboles de fresno en ambos parques depende de las condiciones de manejo, y en particular, de las aportaciones de agua adecuadas, en tiempo y espacio.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El Parque Guadalupe Victoria se fundó en el año de 1879, con una superficie aproximada de tres hectáreas (Figura 2). Los árboles de fresno, inicialmente plantados en el lugar, se trajeron del Valle de Allende, Chihuahua. En esa época, las áreas de jardín tenían plantas de ornato con corredores compactos, llenos de arena, bancas y un kiosco en el centro del parque. En principio, el arbolado se regaba con las aguas del río Nazas, por medio de una acequia principal administrada por el municipio. En septiembre de 1979, se adecuó el área para jardinería, y se le dotó de un sistema de riego, y al mismo tiempo se realizó una reforestación del parque con 350 árboles (Soto, 1994).

Otras acciones consistieron en la construcción de pasillos y jardineras para seguridad en el tránsito de los visitantes (Figura 1). Con el correr de los años, el concepto original del parque cambió en forma radical; en la actualidad está dividido en ocho jardineras con plantaciones de fresno y en el centro del mismo se ubica una cancha de juego y bancas para descanso, adornado con bustos de personajes ilustres y otras áreas de esparcimiento familiar, la más notoria corresponde al sector donde se organiza un baile para adultos mayores cada semana.

increase of the tropical ash in two parks of the Lagoon Region, known as the *Guadalupe Victoria Park* (PGV) in *Lerdo, Durango*, and the *Venustiano Carranza Forest* (BVC) in *Torreón, Coahuila*, under the hypothesis that, in view of the similarity of the climatic conditions in both parks, the radial growth of the ash trees in them depends on the management and particularly on an adequate water supply, in time and space.

## Materials and Methods

### Study area

The *Guadalupe Victoria Park* was founded in the year 1879 on a surface area of approximately three hectares. Ash trees initially planted in this site were brought from the *Valle de Allende, Chihuahua*. At that time, the garden areas had ornamental plants with compact corridors filled with sand, benches and a bandstand at the center of the park. In principle, the trees used to be irrigated with the waters of the *Nazas* river through a main irrigation canal managed by the municipal government. In September 1979, the area was adapted as a garden and was provided an irrigation system, and at the same time the park was reforested with 350 trees (Soto, 1994).

Other actions carried out included the construction of aisles and planters for safety in the circulation of visitors (Figure 1). Over the years, the original concept of the park changed radically, and today it is divided into eight planters with ash trees, and at the center there is a playing field, as well as benches for rest and busts of illustrious personalities, and other areas of family recreation, the most notorious of which is the area where a weekly ball for the elderly takes place.

As for the *Venustiano Carranza Forest*, in 1938, the governor of the state of *Coahuila, General Pedro V. Rodríguez Triana*,



Fuente: C. José Vargas, cronista de la ciudad de Lerdo, Durango. Marzo, 2013.  
Source: José Vargas, chronicler of the city of Lerdo, Durango. March, 2013.

Figura 1. Arbolado del Parque Guadalupe Victoria.

Figure 1. Trees at the *Guadalupe Victoria Park*.

El Bosque Venustiano Carranza, en 1938, el gobernador del estado de Coahuila, General Pedro de Verona Rodríguez Triana, solicitó al presidente de la república, General Lázaro Cárdenas del Río, la concesión de un terreno para la creación de un parque urbano, que más tarde se le conocería como el "Bosque" (Figura 2). La fecha de arranque de su fundación fue el 11 de marzo de 1940. Más tarde, en 1976, dentro de su superficie, se ordenó la construcción del Museo de Antropología e Historia, que está ubicado en la parte sur del parque urbano, lo que provocó un disturbio intenso al arbolado presente, ya que implicó movimiento de tierra, compactación del terreno y cortes en el suministro de agua, situación que se prolongó por varios años. El inventario actual del parque lo integran 4 472 árboles de 31 especies, sobresale la existencia de 1 173 fresnos, 776 casuarinas, 496 palmas, 396 truenos, 302 pinabetes y 238 laureles; el arbolado se irriga con un sistema presurizado de aspersión (Guerra, 1996).

### Descripción taxonómica del fresno

El fresno es una especie del género *Fraxinus* que en estado silvestre forman parte de diversos ecosistemas como bosque de galería, bosque mixto de pino-encino y bosque mesófilo de montaña. Crece en microhábitats más bien húmedos, en topofomas de laderas, barrancas y cañadas y a orillas de corrientes de agua (Rzedowski, 1996). Su área de distribución natural se extiende desde el norte, centro y sur de México hasta Guatemala, en un intervalo de 25° a 14° de latitud y a una altitud de 1 100 a 2 600 m (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999).

*Fraxinus udhei* es un árbol que alcanza hasta 35 m de altura, de copa irregular, perennifolio o semiperennifolio, con flores monoicas (Luna, 2003). En términos de longevidad, se han detectado individuos con más de 200 años en los márgenes de ríos de la región hidrológica Lerma-Santiago. Un estudio dendrocronológico para zonas riparias de Guanajuato indica la presencia de individuos de fresno con 160 años de edad (Miranda *et al.*, 2009).

Dentro de las ocho jardineras que constituyen el PGV, se seleccionaron 30 individuos adultos, que se posicionaron geográficamente con un GPS marca *Garmin*, modelo eTrex 30 y a cada uno de ellos, se les determinó su diámetro normal (diámetro a la altura del pecho, dap) y mediante un taladro de *Pressler* de 5 mm de diámetro interno y longitud variable (45.7 - 61.0 cm), marca *Haglof* se sacaron dos núcleos de crecimiento, virutas o incrementos por árbol. Datos adicionales del arbolado consistieron en describir su condición de vigor, presencia de daños físicos y distancia entre individuos, para tener una idea de la posible competencia entre ellos.

requested from the president of the republic, General Lázaro Cárdenas del Río, the concession of land on which to create an urban park that was to become known as the "Forest". It was founded on March 11, 1940. Later, in 1976, the Museum of Anthropology and History was built in the southern part of this urban park; this caused an intense disturbance to the trees then present for the construction implied movement of earth, grubbing of the soil and cutting the water supply, a situation that lasted several years. The current inventory of the park consists of 4 472 trees belonging to 31 different species, including 1 173 tropical ashes, 776 casuarina trees, 496 palm trees, 396 privets, 302 silver firs and 238 laurels; this forest is irrigated with a pressurized sprinkler system (Guerra, 1996).

### Taxonomic description of the tropical ash

Ash is a species of the genus *Fraxinus* which, in its wild state, is part of various ecosystems such as gallery forests, mixed pine-oak forests and mesophilic mountain forests. It grows in rather humid microhabitats, in slope landforms, gullies and ravines, and on stream and river banks (Rzedowski, 1996). The natural distribution area of the tropical ash extends from northern, central and southern Mexico to Guatemala, within an interval between 25° and 14° latitude and at an altitude between 1 100 and 2 600 m (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999).

*Fraxinus udhei* is an evergreen or semi-evergreen tree that reaches a height of up to 35 m, with an irregular crown and monoic flowers (Luna, 2003). In terms of its longevity, individuals aged more than 200 years have been detected on the banks of the rivers of the Lerma-Santiago hydrological region. A dendrochronological study of riparian areas of Guanajuato indicates the presence of ash individuals aged up to 160 years (Miranda *et al.*, 2009).

30 adult ash individuals were selected from the eight planters of PGV, geographically positioned with a *Garmin*, eTrex 30 model GPS; the normal diameter (diameter at breast height, dbh) was determined, and two growth nuclei cores or fragments of growth rings were extracted from each tree using a *Haglof* Pressler drill with an inner diameter of 5 mm and variable length (45.7 - 61.0 cm). Additional data obtained from the trees consisting in describing its vigor status, presence of physical damage and distance between individuals in order to gain some notion of the potential competition between them.

35 individuals were sampled from the BVC, and two growth nuclei were extracted from most of them, with the exception of individuals with severe rotting, from which it was difficult to obtain a second radial increase (Figure 2).



En el BVC, se muestrearon 35 individuos y para la mayor parte de ellos se extrajeron dos núcleos de crecimiento, excepto en aquellos ejemplares con problemas severos de pudriciones, que dificultaron obtener un segundo incremento radial.

A sterile wooden peg was introduced in each hole drilled in the tree, in order to keep the trees from becoming contaminated or being affected by pests and diseases after the drilling; nevertheless, ashes naturally tend to suffer from rotting in their

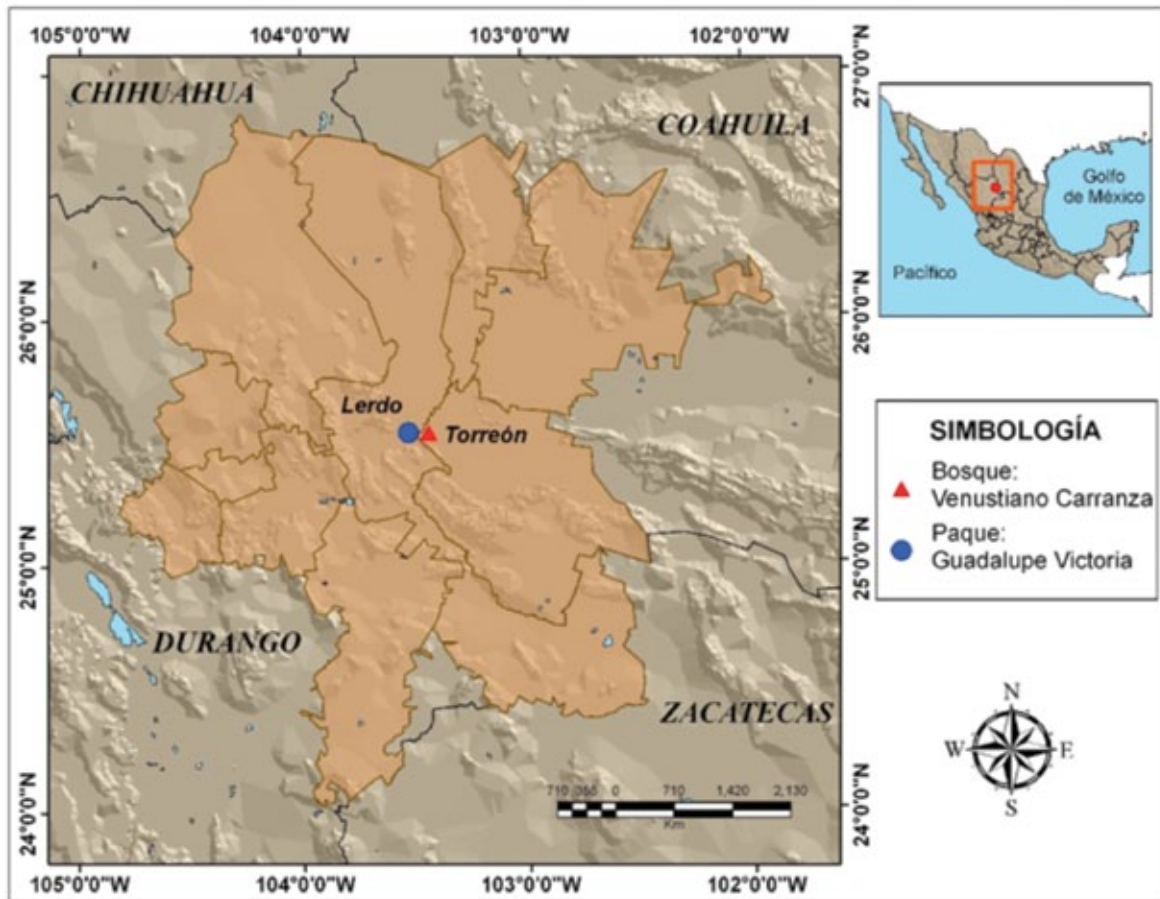


Figura 2. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo en el Parque Guadalupe Victoria, Lerdo, Durango y Bosque Venustiano Carranza, Torreón, Coahuila.

Figure 2. Geographical location of the sampling sites at *Guadalupe Victoria* Park in Lerdo, Durango, and the *Venustiano Carranza* Forest in Torreón, Coahuila.

A la perforación en el árbol producida por el taladro, se le colocó un taquete de madera esterilizado para prevenir que los árboles se contaminaran y fueran afectados por plagas y enfermedades, posteriormente; no obstante, el fresno de manera natural tiende a presentar pudriciones en su fuste principal desde su estado juvenil, pero sobrevive con este problema por muchos años, por lo que es común observar árboles con el tronco hueco.

main stem from a young age, but are able to survive with this problem for many years, so that it is not unusual to find trees with a hollow stem.

Las virutas se almacenaron en popotes de plástico, con la identificación correspondiente e información adicional sobre características del árbol y coordenadas geográficas, orientación de la muestra y daños visibles. Los núcleos se montaron y procesaron mediante técnicas dendrocronológicas convencionales (Stokes y Smiley, 1968). En cada incremento

The cores were stored in plastic straws, with the corresponding identification and additional information about the characteristics of the trees and their geographical coordinates, the orientation of the sample and visible damage. The nuclei were mounted and processed using conventional dendrochronological techniques (Stokes and Smiley, 1968). In each radial increase, the rings were counted, measured with a Velmex measuring system (Robinson and Evans, 1980), and dated with growth charts (Skeleton plots). The quality of the dating was verified with the COFECHA software (Holmes, 1983; Grissino-Mayer, 2001). After correcting the potential dating

radial, se contaron los anillos, se midieron con un sistema de medición *Velmet* (Robinson y Evans, 1980) y se fecharon con gráficos de crecimiento (*Skeleton plots*). La calidad del fechado se verificó mediante el programa COFECHA (Holmes, 1983; Grissino-Mayer, 2001). Después de corregir los errores potenciales en el fechado, las series individuales se estandarizaron con el fin de minimizar efectos biológicos y geométricos, debido a un fuste cada vez mayor y para maximizar la señal climática. El procedimiento se realizó utilizando el programa ARSTAN que fija curvas exponenciales negativas o rectas de regresión, a las series de medición (Cook, 1987).

Los índices estandarizados se calculan al dividir el valor de ancho de anillo entre el valor obtenido de la curva. Los valores de las series estandarizadas se promediaron y se obtuvo una cronología promedio normalizada (sin tendencias) del sitio. A la serie dendrocronológica generada, se le fijó una curva flexible a nivel década para resaltar períodos de baja frecuencia; es decir, períodos de bajo y alto crecimiento como función del clima (Cook y Peters, 1981).

Las series de medición de crecimiento anual (ancho de anillos en mm) se integraron en un gráfico tipo "espagueti" para determinar períodos de liberación y compresión; así como su relación con factores bióticos y abióticos, particularmente períodos donde la falta de riego afectó el crecimiento durante uno o varios años consecutivos; además aquellos episodios cuando la disponibilidad de agua fue la adecuada para el crecimiento del arbolado.

La relación entre el crecimiento de la especie y las condiciones climáticas dominantes se definió al comparar las cronologías estandarizadas de anillo total de los parques Guadalupe Victoria y Venustiano Carranza con datos de precipitación de las estaciones climáticas Lerdo, Dgo. (25.32° N, 103.516° O; 1 135 msnm) y colonia Torreón, Jardín, Torreón, Coah. (25.32° N, 103.40° O; 1 136 msnm), respectivamente. También se consideraron los registros históricos de captación de escurrimientos de la presa El Palmito, ubicada en el municipio Indé, Dgo.

Con base en la respuesta clima-crecimiento y aplicación de riego, se analizaron períodos de menor o mayor incremento radial y se determinaron posibles prácticas de manejo para favorecer un crecimiento más estable del arbolado y prolongar su período de vida.

## Resultados

### Serie Dendrocronológica del Parque Guadalupe Victoria

De un total de 53 núcleos de crecimiento se logró fechar 36 (68 %), los cuales mostraron un patrón de crecimiento similar; el resto de los núcleos (32 %) presentó irregularidades, así

errors, the individual series were standardized in order to minimize the biological and geometric effects of an ever larger stem and in order to maximize the climate signal. This procedure was carried out by using the ARSTAN software, which fits negative exponential curves and/or regression straight lines to the measurement series (Cook, 1987).

The standardized indices are estimated dividing the value of the ring width by the value obtained from the curve. The values of the standardized series were averaged, and the result was a normalized average chronology (without trends) of the site. A flexible curve was fitted to the generated dendrochronological series at decade level in order to highlight low frequency periods, i.e., periods of low and high growth as a function of the climate (Cook and Peters, 1981).

The measurement series of annual growth (ring width in mm) was integrated in a "spaghetti" chart in order to determine the release and compression periods and their relationship with biotic and abiotic factors, particularly periods in which the absence of irrigation affected growth during one or several consecutive years; as well as those episodes in which the availability of water was adequate for the growth of the trees.

The relationship between the growth of the species and the dominant climatic conditions was defined by the comparison of the standardized chronologies of the total ring widths of the *Guadalupe Victoria Park* and the *Venustiano Carranza Forest* with data on the precipitation from the weather stations of *Lerdo, Dgo.* (25.32° N, 103.516° WG; 1 135 msnm) and *Col. Torreón, Jardín, Torreón, Coah.* (25.32° N, 103.40° WG; 1 136 msnm), respectively; as well as the historical records of the catchment of runoffs from the *El Palmito dam*, located in the *Indé municipality, Dgo.*

Based on the climate-growth response and the application of irrigation, periods of lesser or greater radial increase were analyzed, and management practices potentially favoring a more stable growth of the trees and the lengthening of their lifetime were determined.

## Results

### Dendrochronological Series of the *Guadalupe Victoria Park*

36 out of a total of 53 growth nuclei obtained from the ash trees of the *Guadalupe Victoria Park* -i.e. 68 %- were dated and shown to have a similar growth pattern; the rest of the nuclei (32 %) displayed irregularities in their growth, as well as rotting, and were therefore not dated or integrated into the development of the chronology. Although the growth of the ash trees was assisted by superficial irrigation, a similar interannual variation was found to occur between the growths of the various trees included in the generation of the chronology,

como problemas de pudriciones por lo que fueron descartados para su fechado e integración en el desarrollo de la cronología. No obstante que el crecimiento del fresno fue asistido con riego superficial, se observó variación interanual semejante entre crecimientos de los diversos árboles involucrados en la generación de la cronología, como lo indica la intercorrelación entre series (0.44), que supera el nivel de significancia ( $r = 0.328$ ,  $p < 0.01$ ) requerido para considerarse bien fechado (Holmes, 1983).

El parámetro de sensibilidad fue comparativamente alto (0.359); es decir, la especie tuvo variación en crecimiento de un anillo con relación al del siguiente año (Fritts, 1976). Los valores de sensibilidad media varían entre especies con valores cercanos a 0.65 para coníferas en sitios semiáridos a valores de 0.150 con taxa complacientes, aquéllos con poca variación en el grosor de sus anillos de un año al siguiente (NOAA, 2014).

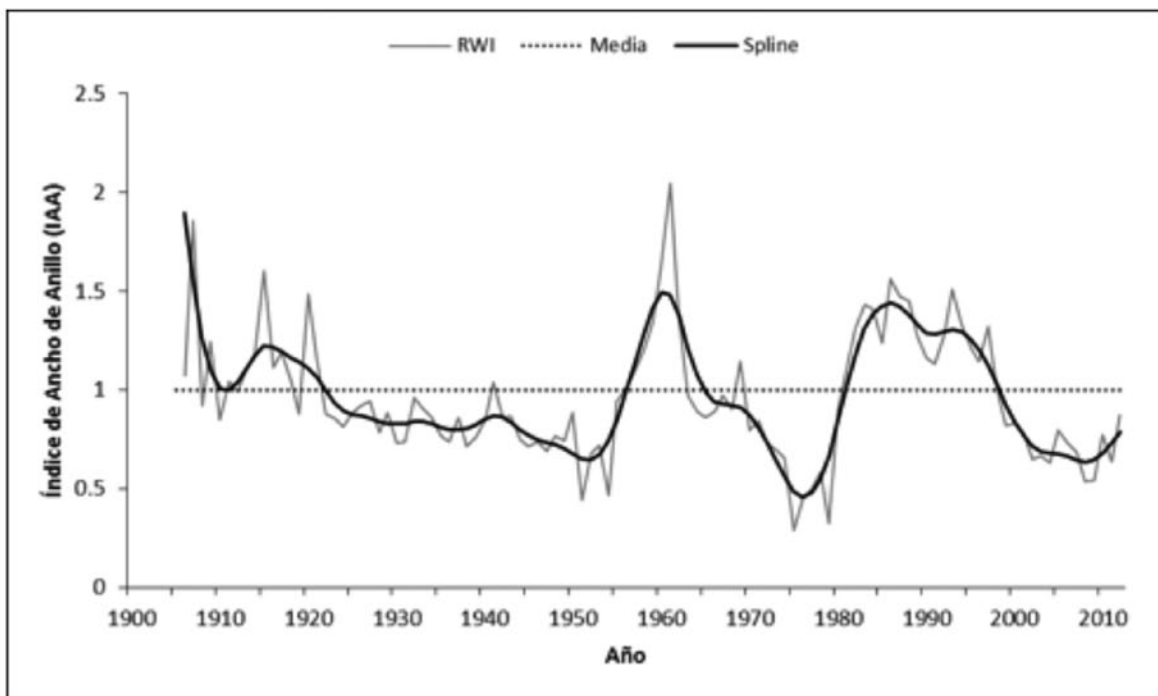
La cronología generada para el PGV se extiende para el período 1905-2012 (108 años) (Figura 3). La serie de tiempo evidencia períodos muy prolongados de crecimiento inferior a la media (1.0), solo al inicio de su establecimiento (1900-1910), década de 1960; y en el período 1980-2000, superó el promedio. Posterior al año 2000, el crecimiento ha

as indicated by the intercorrelation between series (0.44), which surpasses the level of significance ( $r = 0.328$ ,  $p < 0.01$ ) required to be considered as properly dated (Holmes, 1983).

The sensitivity parameter was comparatively high (0.359), i.e. the species exhibited variation in growth by one ring in relation to the subsequent year (Fritts, 1976). The mean sensitivity values vary between species with values nearing 0.65 for conifers in semiarid sites to values of 0.150 for accommodating species, i.e. species with little variation in ring width from one year to the next (NOAA, 2014).

The chronology generated for the PGV covers the period from 1905 to 2012 (108 years) (Figure 3). The time series shows very long periods of growth below the mean (1.0), and it was only at the beginning of its establishment (1900-1910), during the 1960s and in the 1980-2000 period that the tree had a growth above the average. After the year 2000, the growth has decreased significantly, a tendency that has persisted to the present day.

A comparison between the radial increases (thickness of the growth rings, without standardizing) did not exhibit a similar behavior of all the trees; these showed variations in radial



La línea horizontal es la media de la serie (1.0), la línea sólida en gris son los valores anuales de la cronología y la línea oscura sólida es una curva flexible suavizada a nivel década.

The horizontal line is the mean of the series (1.0), the gray solid line represents the annual values of the chronology, and the solid dark line is a smoothed flexible curve at decade level.

Figura 3. Serie dendrocronológica de anillo total de *Fraxinus udhei* (Wenz.) Lingelsh. en el Parque Guadalupe Victoria.  
Figure 3. Dendrochronological series of total ash ring width at the *Guadalupe Victoria* Park.

decaído marcadamente y esta tendencia de reducción se ha mantenido hasta la actualidad.

Al comparar el incremento radial (grosor de los anillos de crecimiento, sin estandarizar), el comportamiento del arbolado no fue similar para todos los individuos y algunos tuvieron mayor o menor crecimiento radial (cm) para ciertos períodos, probablemente en función de la disponibilidad hídrica y a otros factores limitantes como la fertilidad del suelo y la competencia; a pesar de lo anterior, se pudo advertir que gran parte de los individuos registraron incrementos superiores al promedio ( $3.1 \text{ mm año}^{-1}$ ) de 1955 a 1965 y de 1980 a 1995, con valores cercanos a  $15 \text{ mm año}^{-1}$ . De 2000 a la fecha, el crecimiento se mantuvo por debajo del promedio, con árboles sin aumento en su diámetro, situación que fue evidente aun con los índices dendrocronológicos discutidos con anterioridad,

growth (measured in cm) during certain periods, probably due to differences in the availability of water and other limiting factors such as soil fertility and competition; however, in most individuals the increases were above the average ( $3.1 \text{ mm year}^{-1}$ ) during the periods from 1955 to 1965, and from 1980 to 1995 reached values of almost  $15 \text{ mm year}^{-1}$ . Since the year 2000, growth has remained below the average, and certain individuals exhibit almost no increase in diameter, a situation that became evident even with the dendrochronological indices discussed above and after the geometric trend was removed due to the ever larger size of the stem, which results in less growth near the bark (Figure 4).

When other variables are not limiting, the magnitude of the radial increase of several taxa distributed in semiarid or temperate zones is directly proportional to the level of

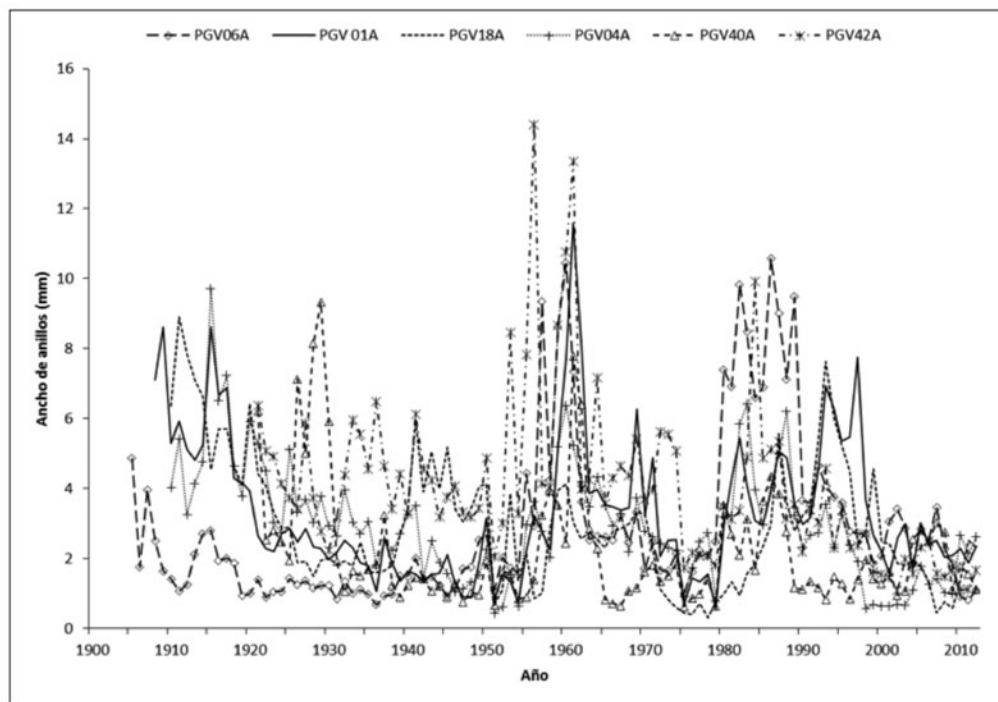


Figura 4. Comportamiento en el crecimiento radial anual (mm) de individuos de fresno en el Parque Guadalupe Victoria, Lerdo, Dgo.

Figure 4. Behavior of the annual radial growth (mm) of ash individuals at the *Guadalupe Victoria Park, Lerdo, Dgo.*

y después que se eliminó la tendencia geométrica, debido a un tamaño de fuste cada vez mayor, que origina menores crecimientos cerca de la corteza (Figura 4).

Cuando otras variables no son limitantes, el incremento radial de varios taxa distribuidos en zonas semiáridas o templadas es superior en condiciones de mayor precipitación, y menor cuando sucede lo contrario (Fritts, 1976). La cantidad de precipitación en la Comarca Lagunera, con un promedio anual de 175 a 275 mm, no llega a satisfacer una demanda hídrica como la del

precipitation (Fritts, 1976). The precipitation in the *La Laguna Region* -with an annual average of 175 to 275 mm- does not fully meet the water demand of a species like ash, which thrives in riparian habitats; therefore, a plantation of this species has to be provided additional water in order for it to develop fully.

For PGV, the comparison between the standardized indices of the ash trees and the annual precipitation revealed a significant but negative correlation during the 1910-2013 period ( $r = -0.33$ ,  $p < 0.01$ ,  $n = 103$ , 1910-2013). This correlation fluctuated over



fresno, de hábito riverero, por lo que a una plantación con esta especie se le tiene que suministrar agua adicional para que se desarrolle con plenitud.

Para el PGV, la comparación entre los índices estandarizados del fresno y la precipitación anual reveló una correlación significativa, pero negativa en el período 1910-2013 ( $r = -0.33$ ,  $p < 0.01$ ,  $n = 103$ , 1910-2013). Esta correlación fluctuó a través del tiempo en subperíodos de 25 años; es decir, 1910-1934 ( $r = -0.36$ ,  $p > 0.05$ ), 1935-1959 ( $r = -0.11$ ,  $p > 0.05$ ), 1960-1984 ( $r = -0.64$ ,  $p < 0.01$ ), y 1985-2009 ( $r = 0.25$ ,  $p > 0.05$ ) (Figura 5).

En este análisis, solo para el lapso de 1960 a 1984 se determinó una relación significativa ( $-0.64$ ,  $p < 0.01$ ), lo cual indica que entre más baja fue la precipitación ocurrida, más pronunciado fue el crecimiento radial anual, situación que solamente se explica por la humectación adicional. Años con escasa precipitación y un buen crecimiento (índices cercanos o superiores al promedio, 1.0), se verificaron en los años 1915 (1.6, 145 mm), 1920 (1.5, 54.8 mm), 1932 (1.0, 10.0 mm), 1937 (0.90, 157.7), 1960 (1.63, 14.1 mm), 1968 (1.0, 97.2 mm), 1981 (1.1, 90.0 mm) y 1994 (1.33, 49.3 mm), cuando la provisión de agua de riego debe haber sido satisfactoria, ya que los volúmenes captados en la presa El Palmito (donde se capta el agua de lluvia para fines agropecuarios en la Comarca Lagunera) superaron la media histórica de 1 221 hm<sup>3</sup>, ya fuese un año previo o durante el de crecimiento, como sucedió en 1958 con una captación de 2 192 hm<sup>3</sup>; en 1967 (1 668 hm<sup>3</sup>), 1968 (3 316.9 hm<sup>3</sup>), 1981 (1 979 hm<sup>3</sup>) y 1993 (3 406 hm<sup>3</sup>); en tales circunstancias, la disponibilidad de agua no pudo haber sido un factor que limitara su disponibilidad para el riego del arbolado y en consecuencia, el crecimiento radial de la especie se tradujo en un buen desarrollo.

Cuando en la región se presentó una precipitación superior al promedio, es probable que no se aplicara agua adicional a los árboles, o al menos, no en la cantidad suministrada en años secos, ello condujo a un incremento radial aun por abajo del promedio, como ocurrió en los años de 1938 a 1940, 1967, 1970, 1974 a 1980, 2001 a 2004, 2010 y 2012.

En términos de manejo, una situación ideal sería que el arbolado tuviera un crecimiento anual que alcanzara un promedio de 11 mm (1.1 cm), valor que se generó a partir de los años con mayor crecimiento (Figura 4); lo anterior se presentó en años de escasa precipitación, pero el requerimiento hídrico de la especie se subsanó con la aportación de agua superficial o subterránea, que estuvo disponible por una correcta captación en la presa El Palmito, un año previo o durante el de crecimiento.

### Serie dendrocronológica del Bosque Venustiano Carranza

De 70 virutas procedentes de 35 árboles, se logró fechar 34 de ellos (aproximadamente 50 %). La intercorrelación entre series

time in subperiods of 25 years; i.e. 1910-1934 ( $r = -0.36$ ,  $p > 0.05$ ), 1935-1959 ( $r = -0.11$ ,  $p > 0.05$ ), 1960-1984 ( $r = -0.64$ ,  $p < 0.01$ ), and 1985-2009 ( $r = 0.25$ ,  $p > 0.05$ ) (Figure 5).

In this analysis, only the 1960-1984 period exhibited a significant relationship ( $-0.64$ ,  $p < 0.01$ ); this indicates that the annual radial growth was inversely proportional to the precipitation during this time span, a situation that can only be accounted for by the additional moisture. Years with scanty precipitation and good growth (indices near or above the average, which is 1.0) were verified in the years 1915 (1.6, 145 mm), 1920 (1.5, 54.8 mm), 1932 (1.0, 10.0 mm), 1937 (0.90, 157.7), 1960 (1.63, 14.1 mm), 1968 (1.0, 97.2 mm), 1981 (1.1, 90.0 mm) and 1994 (1.33, 49.3 mm), when the supply of water for irrigation must have been satisfactory, since the volumes gathered in the *El Palmito* dam (where rainwater is collected for agricultural purposes in the *La Laguna* Region) surpassed the historical mean of 1 221 hm<sup>3</sup>; in 1967 (1 668 hm<sup>3</sup>), 1968 (3 316.9 hm<sup>3</sup>), 1981 (1 979 hm<sup>3</sup>) and 1993 (3 406 hm<sup>3</sup>). Under these circumstances, the availability of water cannot have been a limiting factor for the irrigation of the trees, and therefore the radial growth of the species resulted in a good development.

When precipitation reached levels above the average, no additional water is likely to have been administered to the trees -at least not in the same amount as in dry years-, a situation that led to a radial increase below the average; such was the case in the years 1938 through 1940, 1967, 1970, 1974 through 1980, 2001 through 2004, 2010 and 2012.

In terms of management, an ideal situation would be for the trees to attain an average annual growth of 11 mm (1.1 cm), a value estimated based on the years with the highest growth (Figure 4); this was the case in years of scarce precipitation, when the water requirement of the species was nevertheless met through the contribution of surface or underground water, which was available thanks to an adequate water catchment in the *El Palmito* dam during the year of growth or the year before.

### Dendrochronological series of the Venustiano Carranza Forest

34 out of 70 cores from 35 trees -i.e. approximately 50 %- were dated. The intercorrelation between series was 0.49 in BVC, and 0.44 in PGV. The ash trees in the latter park are young, and therefore the chronology covers only the period from 1960 to 2012 (53 years), which is logical, since the work for the creation of the park was begun in 1940, and the trees may have been planted at least a decade later. Furthermore, some trees incorporated during the initial years of operation of the park may have died due to lack of water as a result of the lack of adequate infrastructure for the distribution of irrigation.

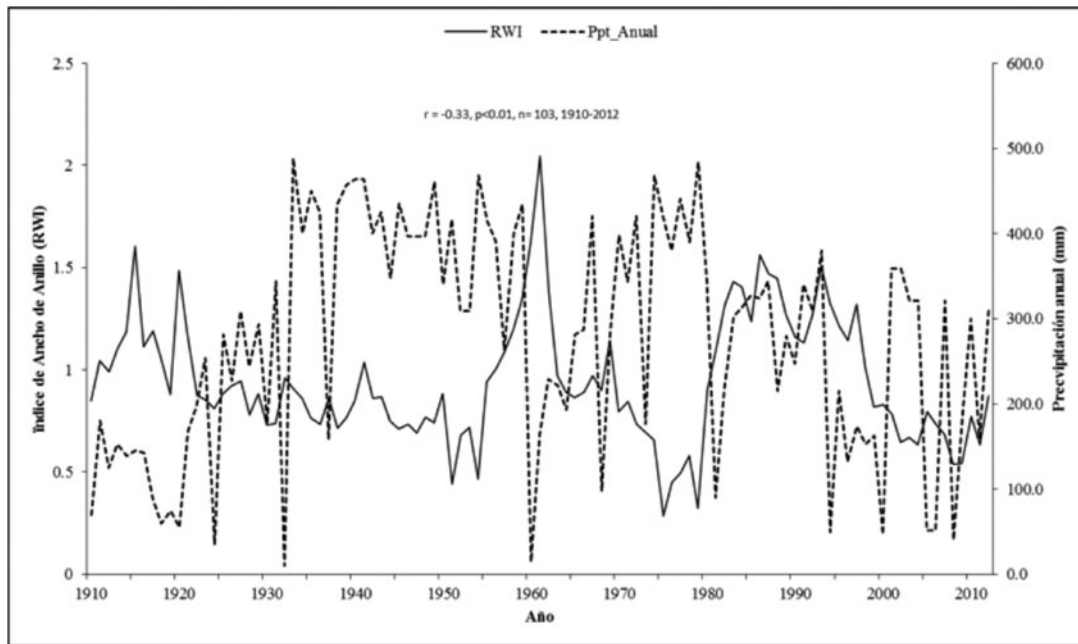


Figura 5. Relación entre la serie dendrocronológica de anillo total de los fresnos del Parque Guadalupe Victoria y la precipitación anual de la estación climática Lerdo, Dgo.

Figure 5. Relationship between the dendrochronological series of the total ring width of the *Guadalupe Victoria* Park and the annual precipitation at the weather station of *Lerdo, Durango*.

fue de 0.49, superior al del arbolado en el PGV, que fue de 0.44. Los fresnos en este lugar son jóvenes, por lo que la cronología se extendió de 1960 a 2012 (53 años), lo cual es lógico, ya que los trabajos para la creación del parque iniciaron en 1940 y, tal vez, los árboles se plantaron al menos una década después de esa fecha; asimismo, algunos otros ejemplares, incorporados durante los años iniciales de funcionamiento del parque, pudieron haber muerto por carencia de agua, hecho que se atribuye a la falta de infraestructura adecuada para la distribución del riego.

La cronología presenta períodos muy marcados con valores inferiores a la media, como sucedió en las décadas de 1970 y 1980, 1989 a 1996, 2000-2004 y en los años recientes de 2010, 2011 y 2012; estos últimos de los más secos para el norte de México (Villanueva et al., 2015) (Figura 6).

La relación entre el índice de ancho de anillo y la precipitación anual no fue significativa ( $r = 0.019$ ,  $p > 0.05$ ); aunque, algunos años fueron anormalmente secos (1963, 1969, 1979, 1990, 1997, 1999 y 2009), se observó un buen crecimiento de la especie, lo cual sugiere que, a través del riego, se le proporcionó agua adicional para subsanar el déficit hídrico.

The chronology presents very marked periods with values below the mean, as in the decades of 1970 and 1980, 1989 through 1996, 2000-2004 and in the recent years 2010, 2011 and 2012, which were among the driest years in northern Mexico (Villanueva et al., 2015) (Figure 6).

The relationship between the ring width index and the annual precipitation was not significant ( $r = 0.019$ ,  $p > 0.05$ ); however, despite certain abnormally dry years (1963, 1969, 1979, 1990, 1997, 1999 and 2009), these figures indicate a good growth of the species, which suggests that additional water was supplied by means of irrigation in order to rectify the water deficit.

On the other hand, years with a precipitation above the average (1968, 1978, 1981, 1986 and 1987) exhibited normal or high growth, which also implies that, despite the abundant rains, the water demand was not met; the added water did contribute to a normal or even greater tree growth than expected (Figure 7).



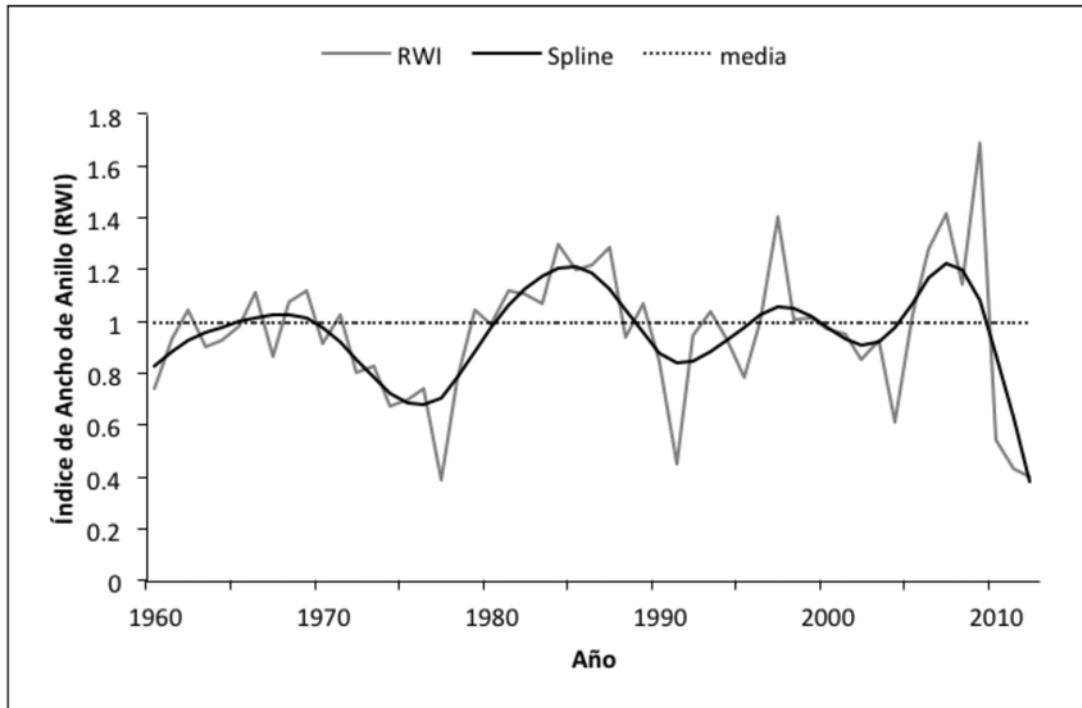


Figura 6. Cronología de anillo total de fresno en el Bosque Venustiano Carranza, Torreón, Coah.  
 Figure 6. Chronology of the total ring of ash trees of the *Venustiano Carranza Forest, Torreón, Coah.*

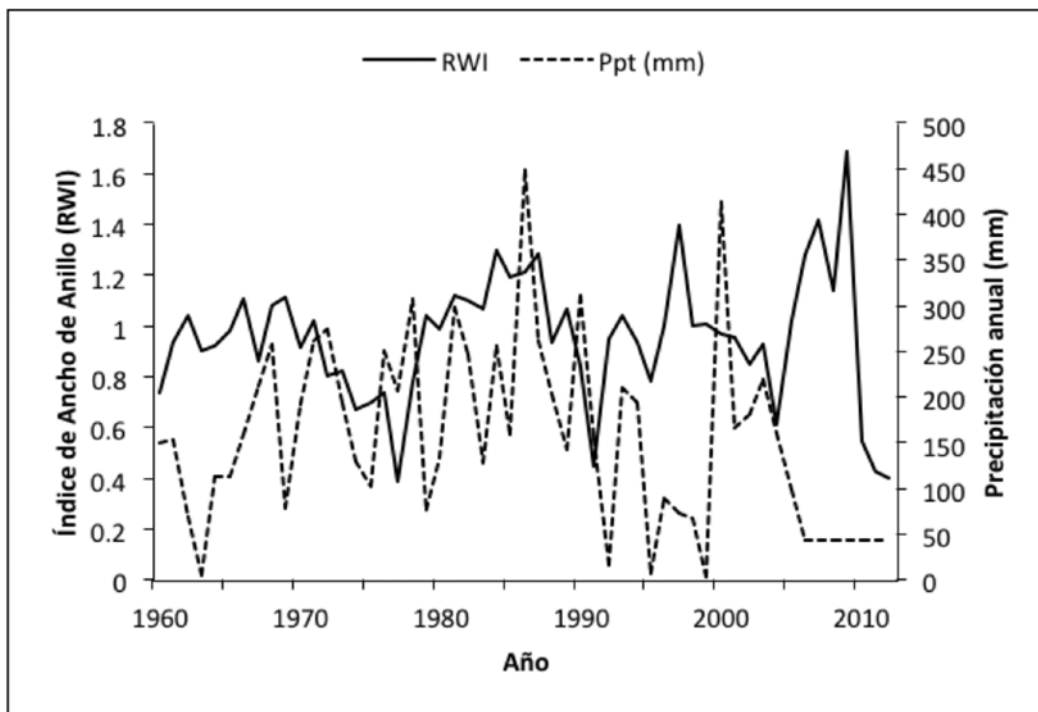


Figura 7. Relación entre la serie dendrocronológica de anillo total del Bosque Venustiano Carranza y la precipitación anual de la estación climática Torreón Jardín, Torreón, Coah.  
 Figure 7. Relationship between the dendrochronological total ring width series of the *Venustiano Carranza Forest* and the annual precipitation of the *Torreón Jardín* weather station in *Torreón, Coah.*

Por otra parte, años con una precipitación superior al promedio (1968, 1978, 1981, 1986 y 1987) mostraron crecimientos normales o altos, lo que también hace suponer, que a pesar de que la cantidad de lluvia no satisfizo la demanda hídrica, el agua agregada sí contribuyó a que el crecimiento del árbol fuera normal o incluso mayor a lo esperado (Figura 7).

El crecimiento no fue igual para todo el arbolado, pero hubo años (1971, 1983, 1991, 2002, 2004 y de 2010 a 2012) en los que el crecimiento se redujo para la gran mayoría de los ejemplares analizados; lo contrario ocurrió específicamente en 1979, 1982, 1992, 1997 y 2009; en 1977, la caída brusca en crecimiento se

Growth was not equal for all the trees, but there were certain years (1971, 1983, 1991, 2002, 2004 and 2010 through 2012) in which it decreased for most of the analyzed specimens; the opposite occurred specifically in 1979, 1982, 1992, 1997 and 2009; in 1977, the sudden decrease in growth was ascribed to the construction of the Museum of Anthropology and History -begun in 1976 in the southern section of the park-, which involved massive movement of the ground, cutting the irrigation system and, in general, a significant disturbance of the environment of the ash trees. Once the management conditions of the site were restored, the growth rate of the trees went quickly back to normal (Figure 8).

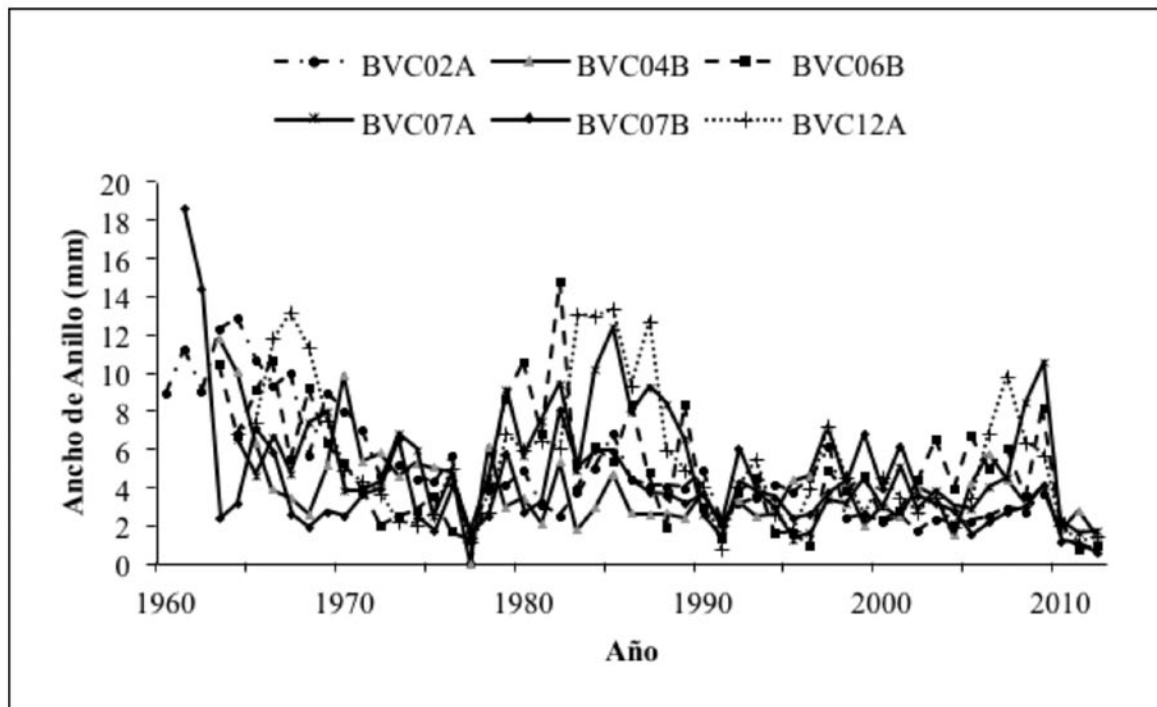


Figura 8. Comportamiento en crecimiento radial anual (mm) para algunos individuos de fresno en el Bosque Venustiano Carranza, Torreón, Coah.

Figure 8. Annual radial growth (mm) of certain ash specimens in the Venustiano Carranza Forest, Torreón, Coah.

atribuye a las obras emprendidas para la construcción en 1976 del Museo de Antropología e Historia en el sector sur del bosque, que implicó movimiento masivo de tierra, corte del sistema de riego y, en general, un disturbio significativo del entorno. Una vez que se restablecieron las condiciones de manejo del sitio, la respuesta del arbolado en crecimiento se recuperó de manera rápida (Figura 8).

#### Comparación entre los crecimientos del fresno en los parques Guadalupe Victoria y Venustiano Carranza

Al comparar las cronologías en el período común de 1960 a 2012 para analizar el manejo de ambas plantaciones de

#### Comparison between the growths of ash in the Guadalupe Victoria Park and the Venustiano Carranza Forest

The comparison between the chronologies of the common period from 1960 to 2012 for the analysis of the management of both ash plantations exhibited a positive but not significant correlation ( $r = 0.24$ ,  $n = 63$ ,  $p > 0.05$ ). The difference in growths is associated to the management to which the trees in each park have been subjected (irrigation, prunings, fertilization), since the climate is practically similar for both sites, with an annual mean precipitation ranging between 170.0 and 175.0 mm (Figure 9).

fresno, se determinó una correlación positiva, pero no significativa ( $r = 0.24$ ,  $n = 63$ ,  $p > 0.05$ ). La diferencia entre crecimientos está relacionada con el manejo al que han estado sujetos los árboles del parque (riegos, podas, fertilización), dado que el clima es prácticamente similar para los dos sitios, con una precipitación media anual entre 170.0 y 175.0 mm (Figura 9).

Las dos cronologías indican un crecimiento casi normal de 1960 a 1970, pero de 1971 a 1980 decae bruscamente para ambos casos; se recupera de 1981 a 1990, aunque fue mejor para el fresno en el parque Guadalupe Victoria; este crecimiento superior al promedio continuó hasta 1997, no así en el bosque Venustiano Carranza, que se restableció hasta después de ese año. En los dos lugares decayó hasta 2005, luego mejoró para el PVC y se redujo a niveles mínimos para el BGV en los últimos años. Esta caída en crecimiento es preocupante

The two chronologies indicate an almost normal growth from 1960 to 1970; however, between the years 1971 and 1980 the growth decreased abruptly in both sites; there was a recovery, also in both, from 1981 and 1990, although it was better in the *Victoria Guadalupe Park*. Growth continued to surpass the mean until 1997, though not in the *Venustiano Carranza Forest*, where it was reestablished only after 1990. It diminished again in the two sites until 2005, and then improved for BVC and has decreased to minimum levels at PGV in the last few years. This decrease in growth is a cause of concern since older trees are more susceptible of losing their vigor, particularly because they tend to suffer from rotting in the main stem from an early age; this condition and the loss of vigor render the species more sensitive to attack by pathogens, which may accelerate the death of the trees (Allen, 2009); this has become evident with the removal, in recent years, of various dead specimens, which have not yet been replaced with new individuals.

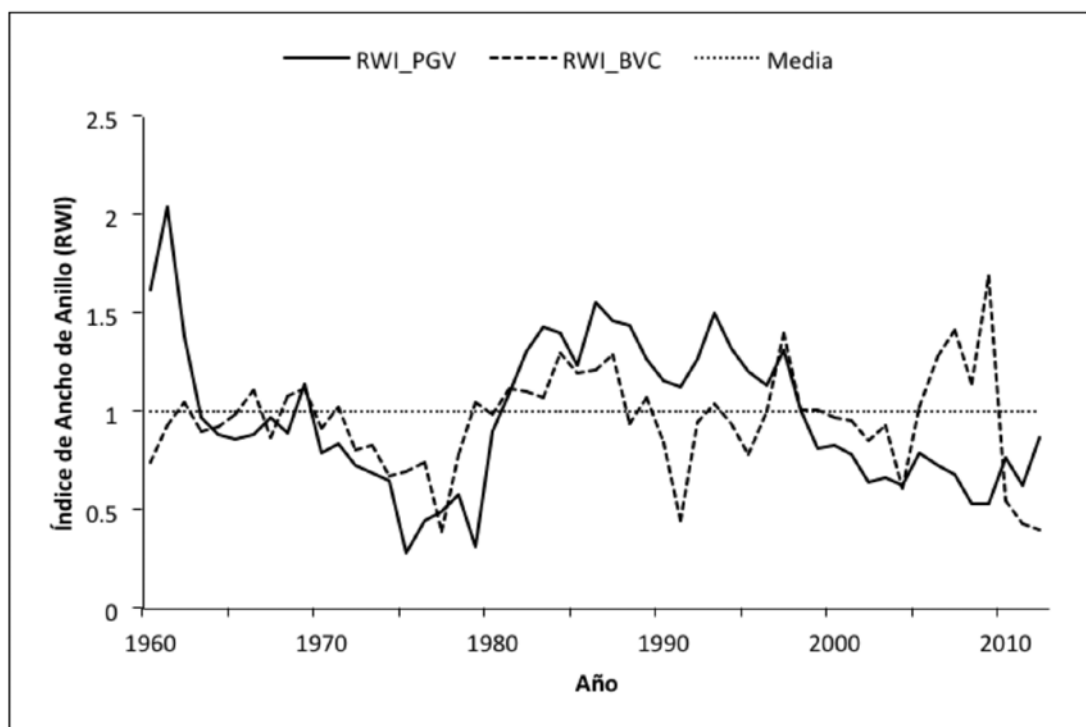


Figura 9. Relación entre las cronologías de anillo total del período común, para el crecimiento del fresno en los sitios Parque Guadalupe Victoria y Bosque Venustiano Carranza.

Figure 9. Relationship between the total ring width chronologies of the common period, for the growth of ash trees in the *Guadalupe Victoria Park* and the *Venustiano Carranza Forest*.

para el arbolado, ya que los especímenes al tener más edad aumenta su susceptibilidad a perder vigor, particularmente, porque tienden a presentar pudriciones en el fuste principal, desde edad temprana; esa condición y un menor vigor hacen más sensible a la especie al ataque de patógenos, que aceleran su muerte (Allen, 2009), lo que ha evidenciado con la remoción de diversos ejemplares muertos en los últimos años, cuyos espacios vacíos aún se conservan.

## Discussion

The dendrochronological studies of *Fraxinus udhei* are very scarce in Mexico, and there are only a few papers on the topic that refer to the use of this species in the analysis of climatic aspects (Miranda *et al.*, 2009) and as a bioindicator of fossil CO<sub>2</sub> (Beramendi *et al.*, 2013); however, different species

## Discusión

Los estudios dendrocronológicos en México que involucran a *Fraxinus udhei* son muy escasos y solo existen pocos trabajos relacionados con el tema, en los que se señala su empleo para analizar aspectos climáticos (Miranda et al., 2009) y como bioindicador de CO<sub>2</sub> fósil (Beramendi et al., 2013); no obstante, el mismo género, pero especies diferentes (*Fraxinus americana* L., *F. excelsior* L.) se han utilizado extensamente en Norteamérica (Speer, 2001) y Europa (Dufour y Piégay, 2008; Vitas, 2010) para el mismo fin.

En esta ocasión, se generaron dos cronologías de anillo total de fresno, las cuales se fundamentaron en un tamaño de muestra considerable, que soporta estadísticamente y con confiabilidad los parámetros dendrocronológicos derivados de los programas de control de calidad COFECHA (Holmes, 1976) y de estandarización, ARSTAN (Cook, 1987). La intercorrelación entre series para las muestras de los dos sitios de colecta estuvo en el orden de 0.44 para el PGV y de 0.49 para BVC; la sensibilidad media con valores de 0.359 y 0.245, también se ubica en el intervalo normal (Constante et al., 2010, NOAA, 2014). Dichos valores son similares o superiores al que se logra con otro taxón de hábitos ribereños, como el ahuehuate (*Taxodium mucronatum* Ten.), con el cual ocasionalmente se asocia y que se distribuye en bosques de galería del norte y centro de México (Stahle et al., 2011; Correa et al., 2014; Villanueva et al., 2014). Los parámetros dendrocronológicos cobran especial relevancia al considerar que la especie en ambos sitios es cultivada y sus incrementos radiales anuales tienen gran influencia de las labores culturales de las que han sido objeto.

Las series dendrocronológicas mostraron una asociación positiva, pero no significativa ( $r = 0.24$ ,  $n = 63$ ,  $p > 0.05$ ). Las condiciones climáticas, particularmente de precipitación y temperatura son muy similares entre sitios, como se constató con los registros climáticos utilizados que indican una precipitación anual de 170 a 175 mm (ERICIII, 2013), por lo que las diferencias entre ellas difícilmente pudieran atribuirse a dicha condición.

Por otra parte, a las acciones de manejo y de cambios de uso del suelo es factible atribuirles la influencia marcada en el comportamiento identificado en el incremento radial anual del fresno, en ambos parques. A pesar de no existir un registro de la frecuencia, ni de los volúmenes de agua aplicados, es factible que hayan favorecido una mejor respuesta del arbolado, por lo que el desarrollo observado tal vez sea el producto de la integración del manejo del riego y otras labores culturales asociadas; por ejemplo, las podas de formación, las podas de saneamiento, el mantenimiento del pasto y la fertilización.

La reducción en el crecimiento en la última década, en particular en el PGV, es posible que se deba a las mayores

belonging to the same genus (*Fraxinus americana* L., *F. excelsior* L.) have been used extensively in North America (Speer, 2001) and Europe (Dufour and Piégay, 2008; Vitas, 2010) for the same purpose.

On this occasion two total ring chronologies of ash were generated, which were based on a large sample size, which statistically supports the reliability of the dendrochronological parameters derived from COFECHA quality control programs (Holmes, 1976) and Arstan for standardization (Cook, 1987). The intercorrelation between series for the samples from the two collection sites was in the order of 0.44 for PGV and 0.49 for BVC; the mean sensitivity with values of 0.359 and 0.245 is also within the normal interval (Constante et al., 2010; NOAA, 2014). These values are similar or superior to those attained with another riparian species, such as the Montezuma cypress (*Taxodium mucronatum* Ten.), with which it is normally associated, and which is distributed in the gallery forests of northern and central Mexico (Stahle et al., 2011; Correa et al., 2014; Villanueva et al., 2014). The dendrochronological parameters are particularly relevant when we consider that the species in both sites is cultivated, and that its annual radial increases are significantly influenced by the cultivation practices to which they have been subjected.

The dendrochronological series exhibited a positive but not significant association ( $r = 0.24$ ,  $n = 63$ ,  $p > 0.05$ ). The climatic conditions -particularly precipitation and temperature- are very similar between the two sites, as shown by the weather records used, which indicate an annual precipitation of 170 to 175 mm (ERICIII, 2013); therefore, the differences between them can hardly be ascribed to this condition.

On the other hand, the marked influence in the identified behavior in terms of annual radial increase in the ash trees of both parks can very well be attributed to management actions and changes in soil use. Although there is no record of the frequency or the volumes of water applied, these may have favored a better response of the trees; therefore, the development observed may be the product of the integration of irrigation and other associated cultivation practices to the management, such as sanitary prunings, lawn maintenance and fertilization.

It may be speculated that the decrease in growth during the last decade, particularly at the PGV, was propitiated by the larger stems, whose annual growth is distributed on a larger geometrical surface; however, even after the biological effect on both growth series has been eliminated through a standardization process, the generated indexes pointed at a significant reduction of the radial increase, accounted for by the participation of other non-biological or geometric variables, such as the water deficit, competition between individuals, deficient fertilization, etc. (Fritts, 1976; Schweingruber, 1996).

dimensiones de los fustes, cuyo crecimiento anual se distribuye en una superficie geométrica más grande; sin embargo, después de eliminar el efecto biológico en ambas series de crecimiento, a través del proceso de estandarización, los índices generados indicaron una reducción significativa en incremento radial, lo cual se explica por la participación de otras variables no biológicas o geométricas, como el déficit hídrico, competencia entre individuos, deficiencias en fertilización, etcétera (Fritts, 1976; Schweingruber, 1996).

La flexibilidad de la especie para recuperarse, de manera rápida, de procesos de disturbio, entre los que la compactación del suelo y las deficiencias en la aplicación del riego son algunos, se evidenció en el arbolado del BVC, que después de presentar una caída abrupta en su crecimiento, en 1977, por efecto de la construcción del Museo de Antropología e Historia, experimentó un rápido crecimiento en los años siguientes, posiblemente debido a la dominancia de individuos jóvenes (20 a 30 años) en este período.

Esa situación, sin embargo, quizás no aplica a sitios con dominancia de arbolado maduro o viejo, como el PGV, donde un mejor manejo no garantiza una pronta recuperación de su vigor y de los servicios ecológicos que presta a la sociedad, por lo que se debe evitar someter a los fresnos a estrés hídrico, acción que puede conllevar a su debilitamiento y muerte prematura.

El suministro de riego constituye un factor importante que se debe considerar en este tipo de parques urbanos, como se demostró mediante la comparación de los índices dendrocronológicos, que indican diferencias en el manejo del arbolado a través del tiempo, con períodos de buen crecimiento para un sitio y mínimos para otro, o bien un patrón irregular de crecimiento a través de la vida del arbolado en los dos sitios.

## Conclusiones

El carácter caducifolio de *Fraxinus udhei* favorece la formación de crecimientos anuales bien diferenciados, como se corroboró mediante la generación de dos series dendrocronológicas de anillo total, que mostraron una intercorrelación significativa entre series y asociación con variables climáticas, particularmente con la precipitación.

La variabilidad interanual en los crecimientos es una clara evidencia de que bajo condiciones climáticas similares, el incremento radial de dos poblaciones de fresno establecidas en parques cultivados depende, en gran medida, del manejo.

El grosor de los anillos fue mayor en años con sequía, lo cual sugiere, que la aplicación de agua adicional a través del riego superficial logró satisfacer las necesidades hídricas de esta especie con alta demanda de agua; por otra parte, el crecimiento fue menor para algunos otros años, cuando

The flexibility of the species which allowed a rapid recovery from disturbances like the grubbing of the soil, deficient irrigation and others, became evident in the trees of BVC, which, after having suffered an abrupt decrease in growth in 1977 due to the construction of the Museum of Anthropology and History, experienced a quick growth in the following years, possibly due to the predominance of young individuals (20 to 30 years) during this period.

However, this situation does not apply to sites with a predominance of mature or old trees, such as PGV, where a better management does not guarantee a prompt recovery of their vigor and of the ecological services supplied by them to society; therefore, the ash trees must not be subjected to hydric stress, which can weaken them and cause their premature death.

Irrigation constitutes an important factor that must be considered in this type of urban parks, as shown by the comparison between their dendrochronological indices, which show differences in the management of the trees over time, with periods of good growth for a site and of minimal growth for the other, or an irregular growth pattern through the life of the trees in both sites.

## Conclusions

The deciduous nature of *Fraxinus udhei* favors clearly differentiated annual growths, as could be verified through the generation of two total ring dendrochronological series that showed a significant intercorrelation between the series and an association with climatic variables, particularly with precipitation.

The interannual variability of growth is clear evidence that, under similar weather conditions, the radial increase of two populations of ash trees established in cultivated parks depends to a large extent on their management.

In this study, the rings were thicker in years of drought, which suggests that the application of additional water through superficial irrigation met the hydric needs of this species with a high demand of water; on the other hand, there was less growth in other years in which precipitation surpassed the historic mean, a condition which probably led the park managers to refrain from applying the same volumes of water as during the droughts, and therefore, failure to meet the water demand of the species may have limited the annual growth of the trees.

The species displayed high sensitivity to disturbing actions such as the movement of ground resulting from the construction of infrastructure within the parks and to the paving of corridors, an action that limits the infiltration process and compacts the root system, reducing its ability to explore nutrients and water. Despite this influence on its growth, the species -particularly

la precipitación superó la media histórica, condición que probablemente condujo a los administradores del parque, a no aplicar los volúmenes de agua suministrados en condiciones de sequía, lo cual originó que no se cubriera la demanda hídrica de la especie y en consecuencia se limitó su crecimiento anual.

El fresno tuvo alta sensibilidad a las acciones de disturbio, como el movimiento de tierra debido a construcción de infraestructura dentro de los parques y pavimentación de corredores, acción que restringe el proceso de infiltración y compacta el sistema radical, lo que reduce su capacidad de exploración de nutrientes y de agua. A pesar de dicha influencia en su crecimiento, la especie mostró alta capacidad para recuperarse de condiciones limitantes y retomar su crecimiento previo al disturbio, particularmente en arbolado joven, lo que hace a un taxón de alta plasticidad en términos de recuperarse de manera relativamente rápida de situaciones que afectan su desarrollo.

La caída reciente del crecimiento del arbolado adulto con especímenes que superan los 100 años de edad, en especial en el Parque Guadalupe Victoria, sugiere la necesidad de otorgarle mejores cuidados, así como la aportación de láminas de agua acordes a un mayor volumen de biomasa, mantenimiento fitosanitario y otras acciones culturales para favorecer la permanencia de estos árboles, que aún pueden proporcionar servicios ambientales a la población por varios años, si se considera la capacidad de la especie por vivir más de 200 años. 🌳

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Contribución por autor

José Villanueva Díaz, responsable del proyecto original y encargado del diseño y seguimiento de la investigación; conducción del estudio y revisión del manuscrito; Emilia Raquel Pérez Evangelista: colaboradora en la ejecución del proyecto, en el fechado de los crecimientos anuales de la especie de interés, en la toma de muestras y en el análisis de datos; Laura Beramendi Orozco: análisis de información dendrocronológica, elaboración, corrección y revisión del manuscrito; Julián Cerano Paredes: colaboración en el análisis de datos e interpretación de resultados; revisión del manuscrito.

## Agradecimientos

La presente investigación fue subvencionada por fondos otorgados por el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Climático (IIA) a través del proyecto CRN # 2047, a su vez financiado por el US/National Science Foundation (Grant GEO-0452325).

## Referencias

Allen, C. D. 2009. Muerte regresiva del bosque inducida por el clima: ¿un fenómeno mundial en aumento? *Unasylva* 231/232 (60): 43-49.

its younger specimens- exhibited a high ability to recover from limiting conditions and to resume its growth rate as before the disturbance, thus proving to be highly plastic in terms of recovering relatively quickly from situations that affect its development.

The recent decrease in growth of the adult trees including species aged over 100 years, particularly at the *Guadalupe Victoria Park*, suggest the need to provide better care and to supply adequate irrigation for the larger volumes of biomass of these trees, which can still furnish environmental services to the population for several years to come, considering the ability of the species to live longer than 200 years. 🌳

## Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

## Contribution by author

José Villanueva Díaz: leader of the original project and in charge of the design and control of the actual research, as well as conducting the study and review of the manuscript; Emilia Raquel Pérez Evangelista: help in the implementation of the Project, in annual growth dating of the focus species, in data taking and in data analysis; Laura Beramendi Orozco: analysis of dendrochronological information, writing, correction and review of the manuscript; Julián Cerano Paredes: help in data analysis, interpretation of results and review of the manuscript.

## Acknowledgements

The current research was subsidized with funds granted by the Inter-American Institute for Climate Change Research (IIA) through Project CRN # 2047, funded in turn by the US/National Science Foundation (Grant GEO-0452325).

*End of the English version*





- Beramendi O., L. E., S. Hernández M., G. González H., V. Constante G. and J. Villanueva D. 2013. Dendrochronological potential of *Fraxinus uhdei* and its use as bioindicator of fossil CO<sub>2</sub> emissions deduced from radiocarbon concentrations in tree rings. *Radiocarbon* 55 (2-3): 833-840.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). 2009. Actualización de la disponibilidad media anual del agua subterránea: acuífero (0523) principal región lagunera, Estado de Coahuila. México, D. F., México. 29 p.
- Constante G., V., J. Villanueva D., J. Cerano P. y J. Estrada A. 2010. Parámetros para definir el potencial dendrocronológico. CENID RASPA. INIFAP. Gómez Palacio, Dgo., México. Folleto Técnico No. 19. 40 p.
- Cook, E. R. and K. Peters. 1981. The smoothing spline: a new curve for standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. *Tree-Ring Bulletin* 41: 45-53.
- Cook, E. R. 1987. The decomposition of tree-ring series for environmental studies. *Tree-Ring Bulletin* 47: 37-59.
- Correa D., A., A. Gómez G., J. Villanueva D., L. U. Castruita E., T. Martínez T. y R. Cervantes M. 2014. Análisis dendroclimático del ahuehuete (*Taxodium mucronatum* Ten.) en el centro de México. *Agrociencia* 48: 537-551.
- Chacalo, A., G. Watson, R. Bye, V. Ordaza, A. Aldama and H. Vázquez. 2000. Root growth of *Quercus crassifolia*, *Q. crassipes* and *Fraxinus uhdei* in 2 different soil types. *Journal of Arboriculture* 26(1): 30-37.
- Chávez O., C. R., 2009. Las ciudades en la historia ambiental. *Investigación Ambiental* 1(2): 197-201.
- Chiesura, A. 2004. The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning* 68: 129-138.
- Dufour, S. and H. Piégay. 2008. Geomorphological controls of *Fraxinus excelsior* growth and regeneration in floodplain forests. *Ecology* 89: 205-215.
- de Frutos, P. y S. Esteban. 2009. Estimación de los beneficios generados por los parques y jardines urbanos a través de métodos de valoración contingentes. *Urban Public Economic Review* 10:13-51.
- Extractor Rápido de Información Climática (ERICIII). 2013. Versión 3.2. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Secretaría de Ecología, Medio Ambiente y Recursos Naturales. Jiutepec, Morelos. <https://www.imta.gob.mx/.../eric-iii-version-3-2-extractor-rapido-de-info> (10 de noviembre de 2013).
- Fritts, H. C. 1976. *Tree-rings and climate*. Academic Press. London, UK. 567 p.
- Grissino-Mayer, H. D. 2001. Evaluating cross-dating, accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research* 57(2): 205-221.
- Guerra, E. 1996. *Historia de Torreón*. Tercera Edición. Editorial del Norte Mexicano. Torreón, Coah., México. 117 p.
- Heyden, D. 2002. Jardines botánicos prehispánicos. *Arqueología Mexicana* 10(57): 18-23.
- Holmes, R. L. 1983. Computed-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69-78.
- Holmes, R. L., K. R. K. Adams and H. C. Fritts. 1986. Quality control of crossdating and measuring: A user's manual for program COFECHA. In: *Tree-Ring Chronologies of Western North America: California eastern Oregon and northern Great Basin*. University of Arizona. Tucson, AZ, USA. 182 p.
- Luna V., M. I. 2003. Ficha técnica de *Fraxinus uhdei*. Taxones del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental incluidos en la norma oficial mexicana. Herbario FCME, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W025. México, D. F., México. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/introd-J084.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/introd-J084.html) (5 de octubre, 2014).
- Miranda A., R., M. J. Puy A. y J. J. Martínez R. 2009. Potencial del uso del Fresno en estudios dendrocronológicos. *Ciencia Tecnológica* 38: 24-29.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2014. User's guide to COFECHA output files. <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/treering/cofecha/userguide.html#meansens> (5 de octubre de 2014).
- Puyuelo, M. and J. Gual. 2009. Diseño prospectivo y elementos de uso de parques urbanos a partir de experiencia de las personas mayores. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano* 10 (1-2): 137-160.
- Robinson, W. J. and R. Evans. 1980. A microcomputer based tree-ring measuring system. *Tree-Ring Bulletin* 40:59-64.
- Rzedowski, J. 1986. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México, D.F., México 432 p.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35: 25-44.
- Schweingruber, F. H. 1996. *Tree rings and environment: dendroecology*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt. 609 p.
- Soto C., J. 1994. Apuntes históricos de Cd. Lerdo, Dgo: 1598-1910. Talleres HERFA Impresores, S. A. de C. V. Gómez Palacio, Dgo., México. 188 p.
- Speer, J. H. 2001. Oak mast history from dendrochronology: a new technique demonstrated in the Southern Appalachian region. Ph. D. Dissertation, University of Tennessee. Knoxville, TN, USA. 241 p.
- Stahle, D. W., D. J. Burnette, J. Villanueva D., R. R. Heim Jr., F. K. Fye, J. Cerano P., R. Acuña S. and M. K. Cleaveland. 2011. Pacific and Atlantic influences in Mesoamerican climate over the past millennium. *Climate Dynamics*: DOI 10.1007/s00382-011-1205-z.
- Stokes, M. A. and T. L. Smiley. 1968. *An introduction to tree-ring dating*. University of Chicago Press. Chicago, IL, USA. 73 p.
- Transconsult. 2014. Plan integral de movilidad urbana sustentable de la Laguna (PIMUS). Gobierno de Estado de Coahuila y Gobierno del Estado de Durango. Torreón, Coah., México. 730 p.
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis M., M. I. Alcocer S., M. Gual D. y C. Sánchez D. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Conabio, Instituto de Ecología UNAM. México, D. F., México. 15 p.
- Villanueva D., J., J. Cerano P., J. Estrada A., V. Constante G. y D.W. Stahle. 2014. Reconstrucción de escurrimiento histórico de la cuenca alta del Río Nazas, Durango. *Revista Chapingo: Serie Zonas Áridas*. DOI. 10.5154/r.rch.SZA.2012.06.036.
- Villanueva D., J., J. Cerano P., P. Z. Fulé, C. Cortés M., L. Vázquez S., L. L. Yocom y J. A. Ruiz C. 2015. Cuatro siglos de variabilidad hidroclimática en el noroeste de Chihuahua. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. 10.14350/ing.44485.
- Vitas, A. 2010. Dendrochronological analysis of subfossil *Fraxinus* from the middle and late Holocene period in Lithuania. *Tree-Ring Research* 66(2): 83-92.



