

# ENSAYO

## ÁRBOLES LONGEVOS DE MÉXICO

### ANCIENT TREES OF MEXICO

José Villanueva DÍaz<sup>1</sup>, Julián Cerano Paredes<sup>1</sup>, D. W. Stahle<sup>2</sup>, Vicenta Constante GarcÍa<sup>1</sup>, Lorenzo Vázquez Salem<sup>3</sup>,  
Juan Estrada Ávalos<sup>1</sup> y Juan de Dios Benavides Solorio<sup>4</sup>

#### RESUMEN

La superficie de ecosistemas vírgenes en México es casi inexistente, no obstante, árboles longevos en bosques de coníferas son factibles de ubicar en sitios remotos y escarpados de difícil acceso, situación que ha permitido conocer sus características fenotípicas. Una de las coníferas más antiguas en bosques mixtos de las Sierras Madre Occidental, Oriental y Eje Neovolcánico es *Pseudotsuga menziesii*, que en algunos sitios, particularmente de la primera cadena montañosa, logran edades mayores a 600 años al igual que *Pinus hartwegii* y son de gran valía para estudios paleoclimáticos; otros como *Pinus cembroides*, *Pinus pinceana*, *Pinus culminicola* y *Pinus lumholtzii*, que habitan sitios más secos, alcanzan edades de 300 años o más. *Taxodium mucronatum*, propio de comunidades riparias, es la especie más longeva en México e individuos milenarios se han ubicado en bosques de galería de los estados de San Luis Potosí, Durango y Querétaro. Ejemplares de este tipo también se les encuentra en ecosistemas áridos y tropicales que aun no han sido estudiados. Algunos árboles añejos han estado ligados con hechos históricos relacionados con la Guerra de Independencia y la Revolución Mexicana, situación que les confiere gran importancia para su conservación. La ubicación de organismos de mucha edad es primordial y constituye un elemento adicional para fundamentar acciones de protección, restauración de ecosistemas degradados, formulación de proyectos ecoturísticos y conservación de la biodiversidad.

**Palabras clave:** Ahuehuete, árboles longevos, bosques de galería, conservación, ecosistemas, ecoturismo.

#### ABSTRACT

Relict old growth forests in Mexico have almost disappeared, however old trees in mixed conifer forests are still present in remote mountain ranges which has allowed to determine their dominant phenotypes. A conifer species that lives for many years is *Pseudotsuga menziesii* thriving in the Western and Eastern Sierras Madre and the Eje Neovolcanico can surpass 600 years of age. This species is highly sensitive to climate and is frequently used for paleoclimatic studies. Other conifer species like *Pinus cembroides*, *Pinus pinceana*, *Pinus culminicola*, and *Pinus lumholtzii* growing in drier conditions reach ages over 300 years, but *Pinus hartwegii* an alpine species in the Mexican volcanoes can live over 600 years. *Taxodium mucronatum*, a riparian species, reaches the oldest age in Mexico and specimens over a thousand years old have been found in riparian ecosystems of the states of San Luis Potosi, Durango and Queretaro. On the other hand, tropical and semiarid ecosystems have not been fully studied for ancient trees. Some old specimens have been linked to historical events such as the Independence War and the Mexican Revolution situation that may contribute to their conservation. The location of old growth species provides additional knowledge to justify actions for the protection and restoration of degraded ecosystems, development of ecotourism projects and to protect biodiversity.

**Key words:** Baldcypress, old growth trees, riparian forests, conservation, ecosystems, ecotourism.

Fecha de recepción: 11 de noviembre de 2010.

Fecha de aceptación: 20 de diciembre de 2010.

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

<sup>2</sup> Departamento de Geografía, Universidad de Arkansas.

<sup>3</sup> Instituto de Geografía, UNAM.

<sup>4</sup> Campo Experimental Los Colomos, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro (CIRPAC), INIFAP.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los patrimonios más importantes de un país se centra en sus recursos naturales, y México se puede preciar de poseer una de las diversidades biológicas más importantes del planeta (Rzedowski, 1978). Esta riqueza, sin embargo, en las últimas décadas ha venido en franco deterioro a consecuencia de un proceso acelerado de deforestación, del aprovechamiento deficiente de los recursos forestales, el sobrepastoreo y a cambios intensivos de uso del suelo (CONAFOR, 2008). Los bosques vírgenes de pino-encino que en la década de 1950 el hábitat del carpintero imperial (*Campephilus imperialis* Gould), ahora desaparecido y de otra fauna endémica, ya para finales de la década de 1990 representaban menos del uno por ciento de la vegetación original (Lammertink *et al.*, 1997) y en la actualidad prácticamente son inexistentes, a excepción de pequeños rodales muy dispersos que por su ubicación en cañadas o sitios escarpados e inaccesibles de áreas montañosas no han sido explotados y que todavía son el ambiente donde se desarrolla la guacamaya serrana (*Rhynchopsitta pachyrhyncha* Swainson); así como, de otros taxa endémicos. Estos relictos de bosques viejos han permitido conocer la esperanza de vida de las especies que los conforman y la fisonomía que caracteriza a los individuos longevos (Villanueva-Díaz *et al.*, 2006a).

La destrucción de ecosistemas con especímenes centenarios, no sólo origina la desaparición de ellos, sino que afecta las relaciones existentes entre dichos organismos y otros factores bióticos y abióticos con los cuales han establecido, a través de los siglos una estabilidad ecológica. También constituye una pérdida de biodiversidad y de germoplasma de individuos adaptados a condiciones ecológicas estresantes; fuente de alimentos, ingredientes activos medicinales e industriales y de información paleoclimática no disponible aun en los registros instrumentales de mayor extensión y calidad, actualmente conocidos.

Un país como México, de reconocimiento internacional por su biodiversidad, requiere de estudios específicos que indiquen la ubicación precisa de ecosistemas con ejemplares centenarios y milenarios, de tal suerte, que sea factible conservarlos y aprovechar la riqueza que en términos de servicios ambientales (captura de carbono, producción de agua, fauna silvestre, ecología del paisaje, ecoturismo, etc.) y paleoclimáticos son capaces de proporcionar. Los esfuerzos que se han hecho en el territorio nacional para localizar árboles añejos son esporádicos, incipientes, y se fundamentan en la importancia que tienen dichos ejemplares por su tamaño, relación con algún hecho histórico, religioso o sentimental que los liga al establecimiento de un asentamiento humano, entre otros aspectos (Vargas, 1997).

El objetivo de este ensayo es realizar una breve descripción de las especies, su situación y características fenotípicas de

## INTRODUCTION

One of the treasures of a country is focused on its natural resources and Mexico can be proud of having one of the greatest biological diversities of planet Earth (Rzedowski, 1978). However, in the last decades this richness has been severely damaged as a consequence of an accelerated deforestation, of the inefficient harvest of forest resources, of overgrazing and of an intensive change of land use (CONAFOR, 2008). The untouched pine-oak forests that in the 1950's were abundant at the Sierra Madre Occidental and were the habitat of the Imperial wood-pecker (*Campephilus imperialis* Gould), now extinct as well as some other endemic fauna, by the end of the 1990's included less than 1 per cent of the original vegetation (Lammertink *et al.*, 1997), and, at present, are almost non-existent, except for the small and very scattered stands that, due to their location in dells, cliffs or non-accessible places of mountain areas have not been exploited and that still are the habitat of the Thick-billed parrot (*Rhynchopsitta pachyrhyncha* Swainson), as well as of other endemic taxa. These relicts of ancient forests have made it possible to know the life expectancy of the species that live there and the physiognomy that describes the legendary trees (Villanueva-Díaz *et al.*, 2006a).

The destruction of ecosystems with centenary specimens does not only give rise to their disappearance, but it also affects the existent relationships among them and other biotic and abiotic factors, with which they have formed an ecological stability through hundreds of years. It also means a biodiversity loss as well as of germplasm of organisms adapted to stressing environments; of food sources, medical and industrial active components and of paleoclimatic information not available even from the most extensive and qualified instrumental weather records known at present.

A country as Mexico, with international acknowledgement for its biological value, demands specific studies that point out the exact location of ecosystems with centenary and millenary examples, in such a way, that it might be possible to keep them and take advantage of the wealth in terms of environmental services (carbon sequestration, water production, wilderness, landscape ecology, eco-tourism etc.) and of paleoclimatic information that they provide. The efforts that have been made nationwide to find old trees are sporadic and incipient and, but above all, it is because these magnificent trees base their importance on their size, their relation with an historic event, religious or emotional situations that links them to the establishment of human settlements, among other things (Vargas, 1997).

The following essay was prepared with the aim of making a brief description of the species, their location and phenotypic features of some centenary and millenary tree specimens that still exist in the country, in order to contribute to what is known about these organisms in the context of the celebrations of Mexico's Bicentenary.

algunos de los especímenes arbóreos centenarios y milenarios que todavía existen en el país, que constituya una pequeña contribución al conocimiento de dichos organismos, como parte de los festejos del Bicentenario de México.

### Características fenotípicas de especímenes viejos

Existe la creencia generalizada de que los árboles viejos son aquellos individuos vigorosos, de follaje exuberante y de dimensiones colosales que crecen en suelos profundos, fértiles y con una provisión adecuada de humedad, lo cual es erróneo. Su hábitat es completamente distinto, es decir, crecen en suelos someros, escarpados, de escasa fertilidad, muchas veces situados en sitios con vientos frecuentes e intensos y dependientes del agua que se almacena en el perfil del suelo antes o durante la estación de crecimiento, lo cual implica que no tienen aportación de agua de las áreas aledañas y sobreviven únicamente con el suministro de la lluvia.

Aunque cada especie exhibe características fenotípicas muy peculiares de añejamiento inherentes a su genotipo y a la influencia de factores externos, como los climáticos y la competencia inter e intraespecífica, ciertas particularidades morfológicas parecieran ser comunes entre la mayoría de los árboles longevos algunas de ellas son que el tallo y las ramas principales se tuercen longitudinalmente, la madera exhibe grano espiralado, la copa es aplanada y de reducida superficie debido a la muerte de los extremos superiores de las ramas terminales, las principales son escasas y colgantes, la corteza es delgada y pareciera que hubiera desprendimiento de la misma; en algunas especies y en las coníferas se observa descortezamiento, cambio en su coloración que en muchos taxa se torna rojizo y en algunos otros gris o blancuzco,

### Phenotypic characteristics of old-growth trees

There is a general belief that old-growth trees are those vigorous individuals with exuberant crown and of colossal dimensions that live on deep fertile soils with a good amount of humidity, which is wrong. Their habitat is absolutely different, that is, they grow on shallow soils, steep slopes, of scarce fertility, most of them in places with intense and frequent winds and dependent on the water that is stored in the soil profile before or after the growing season, which implies that they do not have a water income of the neighboring areas and survive only with the supply of rain.

Even when each species exhibits some phenotypic characteristics very peculiar of their maturation proper to their genotype and to the influence of external factors, such as climate and inter and intra-specific competition, some morphological features might seem more common in most ancient trees; some of them are that the stem and the main branches are torn in a longitudinal way, wood develops a spiral grain, the crown is flat and has a small surface due to the death of the upper extremes of the terminal branches, the main are scarce and hanging, the bark is shallow and looks as if it were loosening; in some species and in conifers, debarking has been observed, change of its tone, which turns reddish in many taxa and grey to white in some others, as occurs to bald cypress. Rottenness or hollowing in the main stem is observed and, sometimes, they work as a reservoirs for the colonization of lichens, orchids, cactus, mildew, parasitic plants, beehives, etc. Secondary root or root neck exposure is also common, and, on the other side, the size of the tree and the stem diameter is bigger compared to that of other individuals that grow in similar ecological conditions (Stahle, 1996; Villanueva-Díaz et al., 2006b) (Figura 1). It must be



Figura 1. Tallo torcido y con grano en espiral (foto izquierda), características comunes de árboles viejos. Este fuste en especial, pertenece a un individuo de sabino (*Taxodium mucronatum* Ten.) localizado en el Río San Pedro-Mezquital de Durango. El árbol de la derecha es un individuo longevo de *Pinus jeffreyi* Grev. & Balf. en la Sierra San Pedro Martir, B.C., con copa escasa, corteza gruesa y seccionada, indicativo de un árbol longevo.

Figure 1. Torn stem with spiral grain (left), common features of ancient trees. This one in particular is a bald cypress (*Taxodium mucronatum* Ten.) from Río San Pedro-Mezquital of Durango state. The tree at the right is an old *Pinus jeffreyi* Grev. & Balf. at the San Pedro Mártir Sierra, Baja California, with scarce crown, thick, sectional bark, proper of an ancient tree.

como es el caso del ahuehuete. Se observan pudriciones o ahuecamientos en el tronco principal y en ocasiones sirve de sustrato para el desarrollo de líquenes, orquídeas, cactáceas, mohos, plantas parásitas, panales de abejas, etc. También es común la exposición de raíces secundarias o del cuello de la raíz principal y por otra parte el tamaño del árbol y su diámetro de fuste es mayor con relación a otros individuos que crecen en condiciones ecológicas similares (Stahle, 1996; Villanueva-Díaz *et al.*, 2006b) (Figura 1). Así mismo, hay que considerar que los ejemplares viejos, particularmente de coníferas, se ubican en rodales donde no ha existido aprovechamiento o este ha sido muy reducido.

### Estimación de la edad

El conocimiento de la edad de un árbol sólo se puede determinar en plantaciones, cuando se conoce la fecha exacta de su siembra y establecimiento en campo. Uno de los procedimientos más comunes para estimarla en especies que producen crecimientos anuales, como es el caso de las coníferas y algunas latifolias caducifolias, es mediante la obtención de secciones transversales o extracción de núcleos de crecimiento (virutas, incrementos) con un taladro de Pressler y la aplicación de técnicas dendrocronológicas (Stokes y Smiley, 1968) (Figura 2). El cálculo de la edad de un espécimen se realiza con base en el número de anillos contenido en la sección, núcleo de crecimiento o viruta extraída con el taladro a la altura del pecho (1.3 a 1.5 m), más la adición de años faltantes para aquellas secciones que no incluyen el centro del árbol (Applequist, 1958). Para estimar la cantidad de anillos faltantes se cuentan los existentes en los primeros 10 cm de la parte interna de la muestra (opuesta a la corteza). Con este dato y el valor del radio de cada ejemplar arbóreo, se realiza una extrapolación para calcular los años correspondientes a esa sección; así mismo, se adiciona cierto número de años (previamente estimados en brinzales o plantas jóvenes con menos de 1.50 m de altura), que es el tiempo promedio que requieren para tener la altura de muestreo. La edad estimada total del árbol se expresa mediante el siguiente enunciado:

$$E_{ta} = \sum(N_i + N_f + N_a)$$

Donde:

$E_{ta}$  = Edad total del árbol (años)

$N_i$  = Número total de anillos en la sección de crecimiento o viruta obtenida con el taladro de Pressler

$N_f$  = Número de anillos en la sección faltante (extrapolación y método Applequist)

$N_a$  = Número de años que requiere el árbol para alcanzar la altura de muestreo (Sección del fuste donde se obtuvo la viruta).

considered, as well, that old trees, particularly conifers, are present in stand where there have been no logging or if any, they were at a very small scale.

### Age estimation

The exact age of tree can only be known in plantations when there is a record of the precise moment of its sowing and establishment in the field. One of the most common procedures to estimate it in species with annual growth, as with conifers and some deciduous broadleaves, is through transverse sections or the extraction of growth centers (core samples, increments) with the aid of Pressler borer and the use of dendrochronological techniques (Stokes y Smiley, 1968) (Figure 2). Age determination of a specimen is based upon the number of tree rings in a section, growth center or core sample extracted with the increment borer at breast height (1.3 to 1.5 m), plus the addition of the absent years for those sections that do not include the pith (Applequist, 1958). In order to estimate the number of missing rings, the ones present in the first 10 cm towards the internal part of the sample are counted (opposite to the bark). With this information and the extracted radius of each tree example, an extrapolation is made to calculate the corresponding years of that section; thus, some years are added (previously estimated in seedlings or young plants with at least 1.50 m high), that is the average time required to reach that sampling height. The total estimated age of a tree is expressed by the following model:

$$E_{ta} = \sum(N_i + N_f + N_a)$$

Where:

$E_{ta}$  = Total age of the tree (years)

$N_i$  = Total number of tree rings of the cross-section or increment core extracted with the Pressler borer

$N_f$  = Number of tree rings in the missing section (extrapolation and Applequist method)

$N_a$  = Number of years that a tree needs to reach a sampling height (Stem section from where the core was obtained).

This value might be around 5 or more years, according to the site conditions in which the plants grow and the intra-specific and inter-specific competition takes place (Villanueva *et al.*, 2003a).

Some scientists have used mathematical methods to calculate the age of trees, whose principle is to adjust the growth curve or growth rate to a sequence of measurements of an individual or group of them in such a way that age can be used as a dependent variable.

Valor que puede fluctuar de 5 ó más años, en función de las condiciones del sitio en el que crece la planta y de la competencia intraespecífica o interespecífica (Villanueva *et al.* 2003a).

Algunos investigadores han utilizado métodos matemáticos para calcular la edad de árboles, cuyo principio es ajustar una curva de crecimiento o tasa de crecimiento a una secuencia de mediciones de un individuo o grupo de ellos, de tal manera que la edad se utilice posteriormente como variable dependiente.

El fechamiento de árboles sin la formación de anillos de crecimiento anual es un proceso difícil, que consiste en medir la tasa de incremento anual y hacer una estimación final con base en el tamaño del fuste o de la altura. Una desventaja de este procedimiento es que las especies arbóreas no crecen a una tasa anual uniforme, en particular, cuando el árbol alcanza su madurez y tiene que desarrollar una mayor área foliar y un diámetro de fuste cada vez más grande, de ahí que el método conduzca a serios errores y por ello se considere como una aproximación o un procedimiento estimativo de la edad de un

Tree dating without annual rings is a difficult process that consists in measuring the annual increment rate and making a final estimation based upon the size of the stem and height. A problem with this system is that tree species do not grow at a uniform annual rate, particularly when the tree reaches maturity and has to develop a larger foliar area and a stem diameter bigger each time; thus, the method leads to serious mistakes, and, consequently, it is considered just as a proxy or estimative procedure of the age of a tree, even if it can be of great value for certain taxa of slow growth.

One option is the chemical analysis of isotope and specifically the use of  $C_{14}$ , which is a technique that has reported good results with tropical species that grow in conditions where slight climatic differentiation between seasons occur. This procedure has some limitations as it is slow, expensive and reliable only when the carbon content at the core of the example has become stable, that is, that the center of the tree does not have rotteness or borer- insect attacks or other sort of plagues and diseases that produce tissue displacement or changes of the initial chemical composition of wood.



Figura 2. Obtención de un núcleo de crecimiento con un taladro de Pressler. Observe que el taladro debe tener una posición perpendicular al tronco (izquierdo). Sección transversal con los anillos de crecimiento datados mediante técnicas dendrocronológicas (derecha).

Figure 2. Extraction of an increment core with a Pressler borer. The borer must have a perpendicular position in regard to the stem (left). Transversal section with the growth tree rings dated through dendrochronological techniques (right).

árbol, aunque puede ser de gran validéz para ciertos taxa de lento crecimiento.

Una alternativa es el análisis químico de isótopos y específicamente el uso de carbono  $^{14}$ , técnica que ha dado buenos resultados con especies tropicales que se desarrollan en condiciones con poca diferenciación climática entre estaciones.

### Ancient tree species in mixed conifer trees

The presence of centenary and millenary specimens is confined to places difficult to reach; they could be found in remote ejido lands, reserves and urbane or rural housing, as well as private property where the trees have been preserved for their emotional value that links them with their owner or

Este procedimiento tiene las limitantes de que es muy tardado, costoso y confiable sólo cuando el contenido de carbón en el centro del ejemplar ha permanecido estable, es decir, que el corazón o centro del árbol no presente pudriciones o ataque de barrenadores u otro tipo de plagas y enfermedades que provocan desplazamiento de tejido y alteraciones en la composición química inicial de la madera.

## Especies arbóreas longevas en bosques mixtos de coníferas

Los especímenes centenarios o milenarios están confinados a lugares de difícil acceso; se llegan a localizar en terrenos ejidales de sitios remotos, áreas naturales protegidas y en asentamientos urbanos o rurales, así como en predios particulares donde los ejemplares han sido conservados porque tienen algún valor sentimental que los liga con sus propietarios o con la misma comunidad. Parte del proceso metodológico en el presente trabajo se fundamentó en estudios que describen la situación geográfica y estado actual de los bosques de coníferas y en investigaciones botánicas y ecológicas que indican la distribución de aquellas especies que por su naturaleza alcanzan largos períodos de vida. En la ubicación del arbolado longevo, también se consideró el conocimiento que sobre el particular tenían los ejidatarios, comuneros y prestadores de servicios técnicos forestales. Además se hicieron recorridos exploratorios para verificar la existencia de este tipo de arbolado en los lugares sugeridos y para proceder a la toma de núcleos de crecimiento o virutas, secciones transversales, muestras botánicas, de germoplasma (cuando existía), así como para la medición de variables morfológicas (altura, diámetro normal) y para hacer la descripción fisiográfica del sitio (tipo de suelo, especies asociadas, etc.).

Para propósitos de estimación de la edad, se extrajeron al menos dos núcleos de crecimiento o virutas, con taladros de Pressler de varias dimensiones y en función del tamaño del árbol se utilizaron taladros desde 14 hasta 28" de longitud (35.5 a 71 cm), de tal manera que fuera factible obtener el radio más grande e inclusive que la mayoría de las muestras incluyeran el centro del árbol. La determinación de años se llevó a cabo mediante el uso de técnicas dendrocronológicas estándar (Fritts, 1976). Los núcleos de crecimiento procesados, fechados e identificados permanecen almacenados en el Laboratorio de Dendrocronología del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria- Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID-RASPA, INIFAP), en Gómez Palacio, Durango.

El principal énfasis en la localización de ecosistemas y especímenes añejos se ha realizado en el bosque mixto de coníferas con la presencia de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (Douglas-fir), también conocida por sus nombres locales:

with the community. Part of the methodological process in this paper was based upon studies that describe the geographic situation and present state of the conifer forests, and on botanic and ecological research that show the distribution of those species that, according to their nature, last for long life periods. In the location of ancient trees, the knowledge that landowners and technical workers owned was considered too. Also, exploratory visits were made to confirm the existence of this type of trees in the suggested places and to proceed to the extraction of increment cores, cross-sections, botanic samples, germplasm (when available), as well as for the measurement of morphologic variables (total height, normal diameter) and the physiographic description of the site (type of soil, associated species, etc.).

For the calculation of age, at least two increment cores were extracted with different Pressler borers and, in regard to the size of the tree, were from 14 to 28" long (35.5 - 71 cm), in such a way that it were feasible to obtain the largest radius and, also, that most of the samples included the pith. Year determination was achieved through standard dendrochronologic techniques (Fritts, 1976). The increment cores processed, dated and identified are kept in the Dendrochronology Laboratory of the National Disciplinary Research Center of Water, Soil, Plant and Atmosphere of INIFAP in Gomez Palacio, Durango state.

The main emphasis in finding ecosystems and ancient specimens has been bound to the mixed conifer forest where *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco or Douglas fir is present, also known for its local names: "ayarín", "cahuite", "palocote", "pinabete" or "abeto de Douglas". This taxon is very sensible to climatic change and has a distribution latitude interval that covers at least 38° in the north (Hermann and Lavender, 1990). In Mexico the species grows in isolated populations of this vegetation type in cold and humid microsites of the Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico and Sierra Madre del Sur (Martínez, 1963). The most extreme southern location where *P. menziesii* is found in the Sierra Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, even though there is the possibility that it can be present in some southern stands of the state (Acevedo-Rodríguez, 1998). The annual rings of *P. menziesii* have two well-differentiated bands, one that is known as early or spring wood that has rather big cells, white with a thin cell-wall and big vacuoles. The other, that is known as late or summer wood, is made up of smaller cells, of lignified wall and higher density, which confers a darkish tone; the whole ring involves both, the early and the late wood. Each growth band is influenced by the climate that prevails during its formation; thus, early wood responds to the winter- spring seasonal rainfall and the impact of the warm phase of the El Niño Southern Oscillation, while the late one, to the summer rainfall and the impact of the North American Monsoon phenomenon (Cleaveland, 1986; Stahle *et al.*, 2000; Villanueva-Díaz *et al.*, 2009).



ayarín, cahuite, palocote, pinabete o abeto de Douglas. Este taxón es muy sensible a los cambios climáticos y su intervalo latitudinal de distribución cubre al menos 38° en el hemisferio norte (Hermann y Lavender, 1990). En México la especie crece en poblaciones aisladas de dicho tipo de vegetación en micrositios húmedos y fríos de las Sierras Madre Occidental y Oriental, Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur (Martínez, 1963). La localidad más al sur con presencia de *P. menziesii* se sitúa en la Sierra Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, aunque existe la posibilidad de que se le pudiera ubicar en rodales más australes del estado (Acevedo-Rodríguez, 1998). Los anillos de crecimiento anual de *P. menziesii* tienen dos bandas bien diferenciadas, una conocida como madera temprana o de primavera que se caracteriza por poseer células relativamente grandes, blanquecinas con pared celular delgada y grandes vacuolas. Otra que se conoce como madera tardía o de verano, que está constituida por células más pequeñas, de pared lignificada y de mayor densidad, lo cual le confiere una coloración oscura; el anillo total integra tanto a la madera temprana como a la tardía. Cada banda de crecimiento está influenciada por las condiciones climáticas que prevalecen durante su formación; así la madera temprana, responde a la precipitación estacional invierno-primavera y al efecto de la fase cálida del Niño Oscilación del Sur, mientras que la tardía a la precipitación de verano y al impacto del fenómeno del Monzón de Norteamérica (Cleaveland, 1986; Stahle et al., 2000, Villanueva-Díaz et al., 2009).

The dominant age of the selected *Pseudotsuga* specimens varied from 150 to 300 years and only in four sites (El Cócono, Chiqueros and Cerro Barajas, at the municipio of Guanaceví, Durango state and Bisaloachi, Chihuahua state) in the border between the states of Durango and Chihuahua, were live individuals between 550 and 600 years old, that, probably is the highest potential age that is reached by the species in Mexico, since at that time trees seem to have poor vigor, hollows and rottenness on the main stem, deep bark with rosin and damages due to lightning strikes, forest fires and borer insects, mistletoes and other sort of plagues that shorten life expectancy (Figure 4). Most of the old trees are in Guanaceví, Durango state and El Vergel, in Chihuahua state. In the last decade, those stands have been affected by borer insects and have been removed from the forests in order to avoid the propagation of the plague and to give some use to the wood.

In the Sierra Madre Oriental, stands of mixed forests with over-grown trees of *Pseudotsuga* are not over 350 years old. In places like Peña Nevada, at the south of Nuevo León state, there are stumps that belonged to individuals that reached 500 years before they were cut, even though it is worth noticing, in general terms, the prevalence of samples under 300 years old; such is the case of stands that can be found in Sierra de Arteaga (La Viga, El Coahuilón, El Morro, Pílares, Los Lirios), Sitio El Penitente in Sierra de Zapalinamé, Sierra de la Madera, Cuatrociénegas, Maderas del Carmen, Coahuila State and Cerro Potosí, Nuevo León state.



Figura 3. Especímenes de *Pseudotsuga menziesii* de más de 500 años de edad, localizados en parajes de Cerro Barajas y Cócono, Guanaceví, Durango. Se observa el fuste torcido con presencia de hongos y deformaciones en el tronco principal.

Figure 3. *Pseudotsuga menziesii* specimens older than 500 years of age, located at Cerro Barajas and Cócono, Guanaceví, Durango. A torn stem can be appreciated with the presence of fungi and malformations on the main trunk.

La edad dominante de los especímenes de *Pseudotsuga* muestreados fluctuó entre 150 y 300 años y sólo en cuatro sitios (El Cócono, Chiqueros y Cerro Barajas, del municipio de Guanaceví, Durango y Bisaloachi, Chihuahua) ubicados en los límites de los estados de Durango y Chihuahua se identificaron individuos vivos con edades de 550 hasta 600 años, que posiblemente sea la edad máxima potencial que logre la especie en México, ya que a esa edad los árboles lucen con poco vigor, con presencia de ahuecamientos y pudriciones en el fuste principal, corteza espesa con resina y con daños provocados por descargas eléctricas, incendios y por barrenadores, muérdago y otro tipo de plagas que acortan su esperanza de vida (Figura 4). Gran parte del arbolado viejo se localiza en algunos municipios de Guanaceví, Durango y

In Eje Neovolcánico as well as in other mountain chains of central and southern Mexico, the age of *Pseudotsuga* in some stands of mixed conifer forest such as Cuauhtémoc La Fragua, Guadalupe Victoria and Cañada de Tepizila in Puebla state; Terrenate, La Caldera, Barranca de la Calavera, Municipio of Emiliano Zapata, in Tlaxcala state; Pinal de Amoles in Querétaro state; Huayacocotla in Veracruz state and Santa Catarina Ixtepeji in Oaxaca state, are under 450 years old, possibly due to the presence of environmental conditions that are more suitable for their development, that at some age of the trees, favors rottenness and along with it, comes their weakness and death. Besides this, they are more prone to man disturbance such as human induced fires and damages to the main stem to obtain resin and roofing shingles (Figure 4).

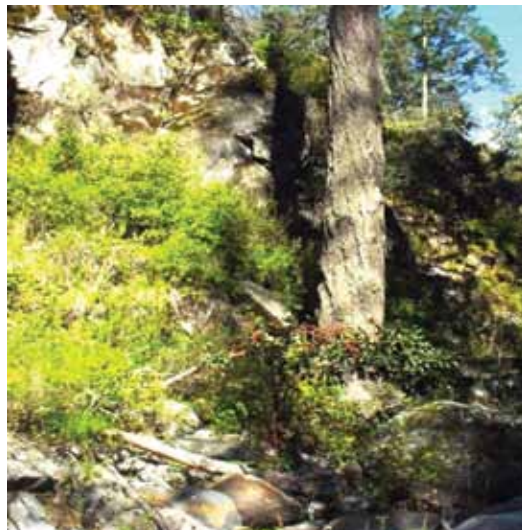


Figura 4. Ejemplares de *Pseudotsuga menziesii* en La Caldera, municipio de Emiliano Zapata, Tlaxcala y Cuauhtémoc La Fragua, Puebla. Los árboles en estos sitios difícilmente alcanzan edades superiores a 450 años.

Figure 4. *Pseudotsuga menziesii* in La Caldera, Municipio of Emiliano Zapata, Tlaxcala State and La Fragua, Puebla State. The trees in these sites hardly reach ages over 450 years old.

El Vergel Chihuahua. Dichos ejemplares, en la última década han sido afectados por barrenadores y se han removido del bosque para evitar la propagación de la plaga y para darle algún uso a su madera.

En la Sierra Madre Oriental, los rodales de bosque mixto con árboles maduros de *Pseudotsuga* no sobrepasan los 350 años de edad. En sitios como Peña Nevada, al sur de Nuevo León, se observa la presencia de tocones correspondientes a individuos que alcanzaron hasta 500 años de edad, antes de su aprovechamiento, aunque en general es notable el predominio de ejemplares con menos de 300 años de edad, como es el caso de diversos rodales en la Sierra de Arteaga (La Viga, El Coahuilón, El Morro, Pilares, Los Lirios), Sitio El Penitente en la Sierra de Zapalinamé, Sierra de la Madera, Cuatrociénegas, Maderas del Carmen, Coahuila y Cerro Potosí, Nuevo León.

In Sierra Madre Occidental, the Lumholtz pine (*Pinus lumholtzii* B. L. Rob. & Fernald) that grows at altitudes from 2,100 to 2,600 m, is one of the best adapted conifers to colonize areas where rock emergence occurs, with high amounts of stones and soils of acid reaction. This species is located in some sites of Chihuahua, Durango, Jalisco, Aguascalientes, where it can be as old as 300 years, which makes it one of the most ancient trees of mixed conifer forests (Figure 5).

In an exploratory survey of Sierra San Pedro Martir, at the south of Ensenada, Baja California state, it was possible to detect several ancient species, among them sugar pine (*Pinus lambertiana* Douglas), Jeffrey pine (*Pinus jeffryi* Balf.) and white fir (*Abies concolor* (Gordon) Lindley ex Hildebrand) (Figure 6). Some of the examples, particularly those of sugar pine, are over 600 years old. Luckily, this mountain chain is a national park, and as such is subject to conservation, in such a way that the conservation of centenary trees is guaranteed.





Figura 5. Pino triste (*Pinus lumholtzii*) en un paraje cercano a la cascada de Basaseachi, Chihuahua (izquierdo) y rodal con pino triste en Bolaños, Jalisco (derecha). La especie logra edades que superan los 300 años de edad.

Figure 5. Lumpholtz pine (*Pinus lumholtzii*) in a spot near Basaseachi waterfall, Chihuahua state (left) and a stand of this pine in Bolaños, Jalisco state (right). The species can reach over 300 years old.



Figura 6. Ejemplares de *Pinus lambertiana* (izquierda), *Pinus jeffreyi* (centro) y *Abies concolor* (derecha). Todos ellos árboles longevos, en particular *P. jeffreyi* que puede lograr más de 600 años de vida.

Figure 6. *Pinus lambertiana* (left), *Pinus jeffreyi* (center) y *Abies concolor* (right) All of them are ancient trees, and *P. jeffreyi* in particular can be older than 600 years.

Para el Eje Neovolcánico y otros macizos montañosos del centro y sur de México, la edad de *Pseudotsuga* en algunos rodales de bosque mixto, tales como: Cuautémoc La Fragua, Guadalupe Victoria y Cañada de Tepizila, Puebla; Terrenate, La Caldera, Barranca de la Calavera, Municipio de Emiliano Zapata, Tlaxcala; Pinal de Amoles, Querétaro; Huayacocotla, Veracruz y Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca tienen menos de 450 años, posiblemente debido a la presencia de condiciones más favorables para su desarrollo, que a cierta edad del arbolado favorece pudriciones y con ello su debilitamiento y

Other ancient conifers that surpass 400 years old are species that live at lower mountain elevations, or piedmont, even though they can be found too in the highlands (>2,300 m) with south or southeastern exposures, whose sunlight conditions are more intense and have an elevated potential evaporation. One of these taxa is "piñonero" pine (*Pinus cembroides* Zucc.) of which some individuals have been analyzed older than 400 years from Cuautémoc ejido in "Zapalinamé" the natural area (Constante et al., 2009). Individuals of this sort have been observed in Sierra de Parras and Sierra de Jimulco,

la muerte. Además están más sujetos a disturbios antrópicos como incendios intencionales y daños al fuste principal para la obtención de resina y para tejamanil (Figura 4).

Coahuila; other sampling sites where dominant trees less than 200 years old have been located in Santiago Papasquiari and Sierra de Organos, Durango, as well as stands in the states of Nuevo León, Guanajuato and Tlaxcala (Figure 7).



Figura 7. Especímenes de pino piñonero (*Pinus cembroides*) en fructificación en un rodal de Sierra de Jimulco, Coahuila (izquierda), Ibarra, Guanajuato (centro) y Santa María de las Cuevas, municipio de Alzayanca, Tlaxcala (derecha). Algunos árboles de esta especie superan los 400 años de edad.

Figure 7. Fruiting Piñonero pine (*Pinus cembroides*) in a stand at Sierra de Jimulco, Coahuila state (izquierda), Ibarra, Guanajuato state (center) and Santa María de las Cuevas, municipio of Alzayanca, Tlaxcala state (right).

En la Sierra Madre Occidental el pino triste (*Pinus lumholtzii* B. L. Rob. & Fernald) que se distribuye en altitudes de 2,100 a 2,600 m es una de las coníferas más adaptadas a colonizar sitios con afloramiento de roca madre, alta pedregosidad y suelo de reacción ácida. Esta especie se localiza en localidades de Chihuahua, Durango, Jalisco, Aguascalientes, entre otros estados, en donde puede superar los 300 años de edad, por lo que es una de las coníferas más longevas de los bosques mixtos (Figura 5).

Un recorrido exploratorio por la Sierra San Pedro Mártir al sur de Ensenada, Baja California, permitió identificar una serie de especies longevas, entre ellas el pino de azúcar (*Pinus lambertiana* Douglas), pino de Jeffrey (*Pinus jeffreyi* Balf.) y el oyamel (*Abies concolor* (Gordon) Lindley ex Hildebrand) (Figura 6). Algunos de los ejemplares, particularmente los de pino azúcar, cuentan más de 600 años de edad. Afortunadamente, la Sierra San Pedro Mártir es un parque nacional y como tal está sujeto a conservación, de tal manera que se asegura la permanencia de estos árboles centenarios.

Otras coníferas longevas que sobrepasan los 400 años de edad son especies que habitan los límites bajos altitudinales de las serranías o piemontes, aunque también se localizan en zonas más altas (>2,300 m) con exposiciones sur o sureste, cuyas condiciones de insolación son mayores y tienen una elevada evaporación potencial. Uno de estos taxa es el pino piñonero (*Pinus cembroides* Zucc.) del cual se han analizado individuos con una edad superior a los 400 años procedentes del ejido Cuauhtémoc, en el área natural protegida "Zapalinamé" (Constante *et al.*, 2009). Individuos de este tipo también se han observado en Sierra de Parras

Piñonero pines in Mexico are abundant in the oak-pine forests or forms pure stands; thus, it can not be denied the possibility that there exist places with individuals over 500 years old. Piñonero pine is an element that promotes biodiversity in pine-oak forests, since its fruit ("piñón") is the main food of some wild life species, and it is directly eaten by humans too, or it can be commercialized as well; it provides firewood, forage and non-wood forest products for the rural communities that use this ecosystem. The cut of branches used as firewood and the drenching of the main stem to get "ocote" reduces their life span, since it accelerates the penetration of pathogens and favors rotteness.

Weeping pine or pinceana (*Pinus pinceana* Gordon) thrives in dry site conditions and is associated to piñonero pine in several stands of Sierra Madre Oriental. It grows from Coahuila state to central Hidalgo state (Santillán-Hernández *et al.*, 2010). From the climatic standpoint it is very sensitive, slow growing species and can live over 300 years. Ancient examples have been located in several sites of Coahuila and Zacatecas states (Figure 8). A broader study about their population structure is necessary to determine their longevity potential.

October "piñón", creeping pine or dwarf potosí pine (*Pinus culminicola* Andresen *et* Beaman) is endemic of Coahuila and Nuevo León, it grows in sites with altitudes from 3,000 to 3,700 m on very rocky soils, shallow and of low fertility, in stands of mixed forests of Sierra Madre Oriental. In Sierra de Arteaga, Coahuila state and Cerro Potosí, Nuevo León state it lives in association with *Pinus rudis* Endl., *Pinus ayacahuite* Enrenb. & Schtdl. and *Pseudotsuga menziesii*. The species has a shrub growing habit and it can get as high as



y Sierra de Jimulco, Coahuila; otros sitios de muestreo con dominancia de arbolado de menos de 200 años de edad han sido ubicados en Santiago Papasquiro y Sierra de Órganos, Durango; así como en rodales de los estados de Nuevo León, Guanajuato y Tlaxcala (Figura 7).

El pino piñonero en México es abundante en los bosques de pino-encino o bien forma masas puras, por lo que no se descarta la posibilidad de que existan lugares con individuos que superen los 500 años de edad. El pino piñonero

5 m, with a stem diameter from 15 to 25 cm (Riskind and Patterson, 1975). It has multiple stems or very low branches and frequently forms a continuous crown made up by several individuals that extends through several hundreds of meters and has a variable width (5 to 20 m), mainly at the tops of those mountains, where wind is present. According to Mexican law (NOM-059- SEMARNAT 2001), this species deserves special protection (SEMARNAT, 2002). Trees over 225 years old develops in La Viga at Sierra de Arteaga, Coahuila state and Cerro Potosí, Nuevo León state (Figure 9).



Figura 8. Rodal de pino llorón (*Pinus pinceana*) en el ejido Norias del municipio de Cuatrociénegas (izquierda) y Sierra de Zapalinamé, Coahuila (derecha). Árboles de 300 años de edad se detectaron en el primer sitio.

Figure 8. Stand of weeping pine (*Pinus pinceana*) in the Norias ejido, Cuatrociénegas municipality (left) and Sierra de Zapalinamé, Coahuila state (right). In the first place, 300 years old trees were detected.



Figura 9. Ejemplares bicentenarios de *Pinus culmicola* en sitios de La Viga, Sierra de Arteaga, Coahuila (derecha) y Cerro Potosí, Nuevo León (izquierda).

Figure 9. *Pinus culmicola* in sites of La Viga, Sierra de Arteaga, Coahuila state (right) and Cerro Potosí, Nuevo Leon state (left)

es un elemento que promueve la biodiversidad de los bosques de pino-encino, ya que su fruto (piñón) constituye el alimento principal de algunas especies de fauna silvestre, y su nuez se utiliza para consumo humano directo o para su venta, así mismo se obtiene leña, forraje y otros productos no maderables para los habitantes de las comunidades rurales que hacen uso de este ecosistema. El corte de ramas para leña y calado del tronco principal para la extracción de ocote disminuye el período de vida, pues acelera la entrada de patógenos y propicia pudriciones.

El pino llorón o pinceana (*Pinus pinceana* Gordon) es un taxón de climas secos, que se asocia al pino piñonero en varios rodales de la Sierra Madre Oriental. Se distribuye de Coahuila hasta el centro de Hidalgo (Santillán-Hernández *et al.*, 2010). Desde el punto de vista climático es muy sensible, de lento crecimiento y puede superar los 300 años de vida. Ejemplares longevos se han ubicado en diversos sitios de Coahuila y Zacatecas (Figura 8). Es importante la realización de un estudio más completo de la estructura de sus poblaciones para determinar el potencial de su longevidad.

El piñón de octubre, pino rastrero o pino enano del potosí (*Pinus culminicola* Andresen *et* Beaman) es endémico de Coahuila y Nuevo León, habita sitios con altitudes de 3,000 a 3,700 m y suelos muy rocosos, someros y de baja fertilidad, en rodales de bosques mixtos de la Sierra Madre Oriental. En la Sierra de Arteaga, Coahuila y Cerro Potosí, Nuevo León se asocia a *Pinus rudis* Endl., *Pinus ayacahuite* Enrenb. & Schltal. y *Pseudotsuga menziesii*. La especie tiene un comportamiento arbustivo y alcanza alturas de 5 m, con un tallo de 15 a 25 cm de diámetro (Riskind y Patterson, 1975). Posee tallos múltiples o ramas muy bajas y con frecuencia integra un dosel continuo de individuos que se extiende por varios cientos de metros y con un ancho variable (5 a 20 m), principalmente en la cumbre de dichas montañas, donde hay presencia de viento. En la NOM-059- SEMARNAT 2001 se le considera como especie que requiere protección especial (SEMARNAT, 2002). Individuos con edades superiores a 225 años se desarrollan en La Viga, Sierra de Arteaga, Coahuila y Cerro Potosí, Nuevo León (Figura 9).

El pino de altura (*Pinus hartwegii* Lindl.) es la especie arbórea propia de las grandes altitudes o límite de la distribución alpina, en volcanes y áreas montañosas que superan los 3,000 msnm, principalmente en el centro de México. En estos lugares, los suelos en general son de origen volcánico y poco desarrollados. No obstante, árboles con más de 400 años se han detectado en el Nevado de Colima (Biondi, 2001), Cofre del Perote y Pico de Orizaba, Veracruz. Sitios adicionales se han muestreado en el Iztaccihuatl, Popocatepetl, Malintzi y Nevado de Toluca. En Cerro Potosí, Nuevo León se localizaron ejemplares con más de 600 años de edad y con seguridad son los más longevos conocidos de dicho taxón (Figura 10).

The pine of the highlands (*Pinus hartwegii* Lindl.) is the tree species of the great altitudes or the tree line of volcanoes and mountain areas that surpass of 3000 m, mainly at central Mexico. In those places, soils in general are of volcanic origin and rather new. However, trees over 400 years old have been detected at Nevado de Colima (Biondi, 2001), Cofre de Perote and Pico de Orizaba, Veracruz. Additional sites have been sampled in Iztaccihuatl, Popocatepetl, Malintzi and Nevado de Toluca. In Cerro Potosí, Nuevo León examples with more than 600 years old were found and, certainly, they are the oldest known trees of that taxon (Figure 10).

The pressure that society exerts through human settlements, agriculture expansion, and illegal logging in the central part of Mexico as it harvests the ancient stands is huge, a reason why, specially the oldest, are cut in an unrestricted and secret way, which puts at risk the existence of these centenary relicts full of information about climate, geomorphology, erosion and ecologic processes.



Figura 10. De izquierda a derecha, *Pinus hartwegii* en Cofre de Perote, Iztaccihuatl, Nevado de Toluca y Cerro Potosí. Los árboles más viejos en estos sitios fluctúan de 300 hasta más de 600 años de edad.

Figure 10. From left to right, *Pinus hartwegii* at Cofre de Perote, Iztaccihuatl, Nevado de Toluca and Cerro Potosí. The eldest trees in these places vary from 300 to over 600 years old.

La presión social que ejercen los asentamientos humanos en el centro de México por aprovechar los rodales viejos es enorme, por lo que muchos árboles, especialmente los más longevos, son talados de manera clandestina e indiscriminada, lo que pone en riesgo la existencia de estos relictos centenarios llenos de información climática, geomorfológica, de procesos erosivos y ecológicos, entre otros aspectos.

Sin duda alguna una de las especie más interesantes dentro del territorio nacional por su larga vida y belleza escénica es el sabino o ahuehuate (*Taxodium mucronatum* Ten.). Son los árboles más corpulentos y longevos que existen en el país. La palabra ahuehuate procede del Náhuatl, *atl* que significa agua y *juegue*, viejo o abuelo o viejo del agua. Se considera el árbol nacional de México (Luque, 1921). Se distribuye prácticamente en todo el país, siempre y cuando exista una fuente permanente o semipermanente de agua o en su defecto un manto freático muy superficial, de ahí que se localice en riveras de ríos, manantiales, o en humedales prácticamente en todas las entidades federativas, excepto en las penínsulas de Baja California y de Yucatán (Martínez, 1963).

Los ahuehetes han estado íntimamente ligados a la historia mexicana y algunos ejemplares se relacionan con hechos muy particulares, caso concreto es el "Árbol de la Noche Triste", donde según la crónica Hernán Cortés "El Conquistador", se sentó a llorar después de que su ejército había sido devastado a manos del imperio Mexica. Este árbol, actualmente muerto, alcanzó un diámetro de 4.84 m y una edad aproximada a 550 a 600 años (Martínez, 1999). Otros individuos famosos son "El Árbol del Tule" en Oaxaca, reconocido por su corpulencia y longevidad (14.4 m de diámetro, 40 m de altura y aproximadamente 2,000 años de edad), que da vida económica y es un ícono de identidad de todo un pueblo; de igual manera los del "Bosque de Chapultepec" plantados por reyes Mexicas, que representan un símbolo de nacionalidad.

Sin demeritar la importancia histórica de los ahuehetes del Parque Nacional "El Contador", ubicados cerca de la ciudad de Texcoco, en el Estado de México, en dicho parque, durante el reinado de Netzahualcōyōtl se plantaron más de 2,000 ejemplares de *T. mucronatum*, pero en la actualidad y a consecuencia del abatimiento del manto freático y a problemas de contaminación, la población original de árboles ha declinado, de forma considerable (Martínez, 1999). De igual manera el famoso "Árbol sagrado", un ahuehuate ubicado en el km 40 en la carretera Santiago Tianguistengo-Chalma en el municipio de Ocuilán de Arteaga en el Estado de México, es un espécimen que está relacionado con actividades religiosas (Vargas, 1997). Otro árbol notable es un ejemplar de 25 m de altura y un diámetro de 3.9 m, localizado en Valle de Bravo y que ha estado muy ligado al desarrollo cultural de ese pueblo, cuya edad se estima entre

Undoubtedly, one of the most interesting species in the national territory according to its long-life span and scenic beauty is the bald cypress or "sabino" or "ahuehuate" (*Taxodium mucronatum* Ten.). They are the most corpulent and long-lasting trees that exist in the country. The word "ahuehuate" comes from the Nahuatl language, "atl" that means water and "juegue" that means old man or grandfather or old man of the water. It is considered Mexico's national tree (Luque, 1921). It is present almost everywhere, in so far as there exists a permanent or semi-permanent water source, or, if not, a very superficial underground water layer; thus, it is found on river sides, spring-waters or humid spots almost in every state, except Baja California and Yucatán (Martínez, 1963).

Bald cypress has been deeply linked to Mexican history and some examples are related to historic events, such as the case of the Sad Night Tree, where, the Conqueror, Hernan Cortes, sat to cry after his army had been destroyed by the Mexica. This tree, dead at present, reached a 4.84 m diameter and an age around 550 to 600 years (Martínez, 1999). Other famous examples, such as the Tule Tree in Oaxaca, world-known for its corpulence and longevity too (14.4 m diameter, 40 m high and around 2,000 years old) that fosters economic income and is an identity icon of a whole community; this happens too to those of Bosque de Chapultepec, which were planted by the Mexica kings, that represent nationality symbols.

Far from demerit of the historic relevance of the bald cypresses of the El Contador National Park, located near Texcoco city, in Mexico state, during the reign of Netzahualcōyōtl 2000 *T. mucronatum* examples were planted; however, at present and as a result of the elimination of the underground water later and due to pollution problems, the original tree population has disappeared (Martínez, 1999). Also, the famous Sacred tree, a bald cypress located in km 40 of the Santiago Tianguistengo-Chalma highway in Ocuilán, Mexico state, is a specimen related to religious activities (Vargas, 1997). Another worth noticing tree is a 25 m tall example, 3.9 m of diameter, located in Valle de Bravo, and that has been very close to the cultural development of that town, whose age is estimated from 650 to 700 years (Rivas and Moreno, 2005). Renowned bald cypresses are present as well in Cerralvo, Nuevo León state; Muzquiz, Coahuila state and other locations of Mexico (Vargas, 1997).

The genus *Taxodium* includes only one species with two varieties, all native of North America; however, several taxonomists divide it into three species: *Taxodium distichum* L. (baldcypress or southern cypress), *Taxodium ascendens* Brongn. (swamp cypress, present in the southeastern coasts of Virginia up to Florida and Louisiana, USA) and *Taxodium mucronatum* ("ahuehuate" or "sabino") that is distributed at the southern limits of Texas, in great part of Mexico and its austral limit is



650 a 700 años (Rivas y Moreno, 2005). Ahuehuetes célebres también se localizan en Cerralvo, Nuevo León; Muzquiz, Coahuila y en otras localidades de la República Mexicana (Vargas, 1997).

El género *Taxodium* incluye una sola especie con dos variedades, todas nativas de Norte América, sin embargo diversos taxónomos lo separan en tres especies: *Taxodium distichum* L. (baldcypress o ciprés del sur), *Taxodium ascendens* Brongn. (ciprés de los pantanos, presente en las costas del sureste desde Virginia hasta Florida y Luisiana, EUA) y *Taxodium mucronatum* (ahuehuete o sabino) que se distribuye del extremo sur de Texas, en gran parte de México y su límite sur es Guatemala (Martínez, 1963; Little, 1971; Brown y Montz, 1986).

En México, *Taxodium mucronatum* se localiza desde los 250 msnm en algunos sitios del estado de Nuevo León y Tamaulipas hasta lugares que superan los 2,500 msnm en el Estado de México y se ha observado a 2,800 msnm en un sitio de la Sierra Gorda en Querétaro (Teresita del Rosario Terrones, comunicación personal), por lo que se adapta a un amplio

Guatemala (Martínez, 1963; Little, 1971; Brown y Montz, 1986).

In Mexico, *Taxodium mucronatum* grows at altitudes from 250 m in some sites of Nuevo León and Tamaulipas state, and in places over 2 500 m in the state of Mexico; it has been observed, too, at 2,800 m in a spot of Sierra Gorda in Queretaro state, which means that it is adapted to a broad range of climatic conditions, in so far as there is enough humidity in the soil; however, it can stand dry periods (Carranza, 1992; Villanueva *et al.*, 2003b). Ahuehuete is one of the most long-lasting species and in Mexico there are examples whose age has been calculated as millenary. A specific case is the Tule tree in Oaxaca, even if some particular studies to determine its age and other of natural populations of baldcypress in Mexico are very scarce. Research studies in specific location such as Los Peroles in the state of San Luis Potosí have recorded examples with ages over the thousand years (Villanueva *et al.*, 2003a) (Figure 11). The estimated age of some ahuehuetes from Bosque Chapultepec that are still alive is over 800 years old (Villanueva *et al.*, 2003b), and some of them like "The Sergeant", dead by now, achieved an age of 700 years.



Figura 11. Especímenes de ahuehuete milenarios en Los Peroles, Rioverde, San Luis Potosí. El ejemplar de la izquierda tiene 1,650 años, el del centro 1,300 años y el de la derecha 1,150 años.

Figure 11. Millenary specimens of ahuehuete in Los Peroles, Rioverde, San Luis Potosí state. The example at the left is 1,650 years old, the one at the center, 1,300 years and the one at the right, 1,150 years.

intervalo de condiciones climáticas, siempre y cuando exista humedad disponible en el suelo; no obstante es de notar su tolerancia a períodos secos (Carranza, 1992; Villanueva *et al.*, 2003b). El ahuehuete es una de las especies más longevas y en México existen ejemplares cuya edad se estima en varios milenios. Caso específico es el "Árbol del Tule" en Oaxaca, aunque estudios particulares para determinar la edad de este ejemplar y, en general, de las poblaciones naturales de ahuehuetes en la República Mexicana son

Places with trees of the millenary species *T. mucronatum* are located in the gallery forests of Barranca de Amealco, Queretaro state and in the margins of the Nazas and San Pedro-Mezquital rivers in Durango state (Figure 12). There are trees with ages that surpass the thousand years (Villanueva *et al.*, 2005).



Figura 12. Especímenes de ahuehuate en Barranca de Amealco, Querétaro (izquierda), Río Nazas, Durango (centro) y Río San Pedro-Mezquital (derecha). Algunos ejemplares superan los mil años de edad, caso concreto en Barranca de Amealco, Querétaro donde hay árboles con más de 1,250 años de edad.  
 Figure 12. Specimens of ahuehuate in Barranca de Amealco, Queretaro state (left), Nazas river, Durango state (center) and San Pedro-Mezquital river (right). Some examples are over a thousand year old, such as the case of Barranca de Amealco, Queretaro state, where trees may be elder than 1 250 years old.

muy escasos. Investigaciones en localidades puntuales como la de “Los Peroles” en el estado de San Luis Potosí, registran especímenes con edades por encima del milenio (Villanueva et al., 2003a) (Figura 11). Para los ahuehuetes del bosque de Chapultepec, la edad estimada para ejemplares todavía vivos supera los 800 años de edad (Villanueva et al., 2003b) y algunos como “El Sargento”, ya muerto, se indica que alcanzó una edad de 700 años. Lugares con individuos de la especie milenaria *T. mucronatum* se localizan en los bosques de galería de Barranca de Amealco, Querétaro y en márgenes de los ríos Nazas y San Pedro-Mezquital, Durango (Figura 12). En ellos existen árboles con edades por encima del milenio (Villanueva et al., 2005).

Las edades del ahuehuate en otros bosques de galería del país fluctúan desde menos de 50 hasta cerca de 600 años,

The ages of ahuehuate in other gallery forests of the county vary from less than 50 to near 600 years old, such is the case of the sites in the states of Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Aguascalientes, Guanajuato, Zacatecas, Michoacán, Jalisco, Oaxaca y Chiapas (Villanueva et al., 2005) (Figura 13). One of the frequent problems to determine the age of this taxon is its tendency to suffer from rottenness and holes in the central part of the stem and main branches, injuries that are fostered by human actions (forest fires, branch cutting, wounds in stem and branches, river pollution with urban and industrial debris, etc.), and occasionally by direct strike from rocks (during ground avalanches) on the stems of specimens located just on the bed of permanent or semi-permanent rivers; these damages limit the extraction of increment cores to the center of the tree, and, thus, reduces the probability to get a more reliable approach to their real age (Villanueva et al., 2005).



Figura 13. Sitios con ahuehuate en diversos parajes. De izquierda a derecha ejemplares ubicados en ríos de Tamaulipas, Nuevo León, Guanajuato y Chiapas. La mayoría de los ejemplares no alcanzan los 600 años de edad.  
 Figure 13. Sites with ahuehuate in several spots. From left to right, samples located on rivers of Tamaulipas, Nuevo Leon, Guanajuato and Chiapas. Most of the trees do not reach 600 years old.

como es el caso de sitios en Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Aguascalientes, Guanajuato, Zacatecas, Michoacán, Jalisco, Oaxaca y Chiapas (Villanueva *et al.*, 2005) (Figura 13). Uno de los problemas frecuentes para determinar la edad de este taxón es su tendencia a presentar pudriciones y ahuecamientos en la parte central del tronco y ramas principales, lesiones que son favorecidas por acciones antrópicas (incendios provocados, cortaduras de ramas, heridas en tronco y ramas, contaminación de ríos por desechos urbanos e industriales, etc.) y en ocasiones por el golpeo directo de rocas (durante avenidas fuertes) en los fustes de especímenes ubicados justo en los cauces de corrientes permanentes o semipermanentes; estos daños limitan la extracción de secciones radiales de crecimiento (virutas) hasta el centro del árbol, y por tanto se reduce la probabilidad de obtener una aproximación más real de su edad (Villanueva *et al.*, 2005).

Riparian ecosystems with *Taxodium mucronatum* are multiple in Mexico and starting from its great distribution, it is possible that there could be more sites where old-growth trees are over a hundred years old. It is important, too, to study some other taxa also present in those ecosystems like *Fraxinus* spp., some examples of which have been counted as near as 200 years old.

### Other long-lived species

In addition to the formerly described, there are many other species of which there is knowledge about their longevity and that are present at diverse ecosystems. An example in mild-weather is the genus *Cupressus* with several taxa such as *Cupressus lusitanica* Mill. that can become elder than

300 years old in places such as El Salto, Durango; something similar occurs with oaks (*Quercus* spp.), "mesquite" (*Prosopis* spp.), Spanish cedar (*Cedrela odorata* L), among many others (Figure 14).



Figura 14. Ejemplares que pueden lograr edades superiores a 300 años, pero que no han sido estudiadas a detalle; entre ellos se encuentran diversas especies de los géneros *Cupressus*, *Prosopis*, *Quercus* y *Cedrela*.

Figure 14. Examples that can get ages over 300 years old, but that have not been studied in detail; among them are found several species of the genus *Cupressus*, *Prosopis*, *Quercus* and *Cedrela*.

Los ecosistemas riparios con *Taxodium mucronatum* son múltiples en México y dada su gran distribución no se descarta la posibilidad de que existan más sitios con árboles longevos que sobrepasen el milenio. De igual manera, es importante el estudio de algunos taxa también presentes en estos ecosistemas como es el caso del fresno (*Fraxinus* spp.) del que se han detectado individuos cuya edad es cercana a los 200 años.

### Otras especies longevas

Además de las antes descritas existen muchas otras de las que se tiene conocimiento de su longevidad y que están presentes en diversos ecosistemas. Un ejemplo en climas templados es el género *Cupressus* con varios taxa como *Cupressus lusitanica* Mill. que puede alcanzar más de 300 años de longevidad en sitios de El Salto, Durango; algo similar ocurre con los encinos (*Quercus* spp.), mezquite (*Prosopis* spp.), cedro rojo (*Cedrela odorata* L), entre muchas más (Figura 14).

### Age of some tree specimens of historic importance

As one of the activities bound for the conservation of tree samples linked to the Bicentenary of Mexico, dating of some individuals related to the Independence war have been accomplished. A specific case is an oak (*Quercus obtusata* Bonpl.) named "El Churrasco" or "Blessed Pole", that is located in Aculco, Mexico state, in which, according to popular testimony, the priest Don Miguel Hidalgo and Costilla celebrated a mass under its shadow after the battle of November 7<sup>th</sup>, 1810. Based upon the words of Mr. Gustavo Ángeles Pérez, municipal chronicler of Aculco, around the oak was born the legend of Las Almas, that registers the fight against the "Realistas" army in 1810 and that was the first defeat of the "Insurgentes". According to this story, the tree would be from 250 to 300 years old at present. This estimation was confirmed through dendrochronological techniques, which



Edad de algunos especímenes arbóreos de importancia histórica

Como parte de las acciones encaminadas hacia la conservación de ejemplares arbóreos vinculados con el Bicentenario de México, se ha realizado el fechado de algunos individuos relacionados con el movimiento de independencia del país. Caso concreto es un encino (*Quercus obtusata* Bonpl.) denominado "El Churrasco" o "Palo Bendito", que se localiza en el municipio de Aculco, Estado de México, en el cual según el testimonio popular el cura Don Miguel Hidalgo y Costilla ofreció misa bajo su sombra después de la batalla del 7 de noviembre de 1810. De acuerdo con declaraciones del Sr. Gustavo Ángeles Pérez, cronista municipal de Aculco, en torno

used cross-sections of stumps of dead branches of the tree, as well as branch sections of live individuals close to this focused examples; the age of 327 of El Churrasco was estimated with them, which means that the tree was already an adult when this historic event took place.

Ten years ago, due to its great crown volume and weight, the Bicentenary Oak was felled by an intense wind, which left its roots exposed to desiccation and environmental deterioration; however, after the Forest Protection Department of Mexico State (PROBOSQUE) started its protection, seed propagation and restoration, the tree recovered and is healthy at present, a fact that suggests that it may live for a few more decades.



Figura 15. Encino del Bicentenario (izquierda), obtención de una sección transversal de un tocón de rama muerta (centro) y sección transversal para estimar la edad (izquierda).

Figure 15. Bicentenary oak (left), cutting of a transverse section from a stump of a dead branch (center) and transverse section for age estimation (left).

al encino se generó la leyenda de "Las Almas", que registra el enfrentamiento contra el ejército de los "Realistas" en 1810 y que constituyó la primera derrota de los "Insurgentes". Acorde con este relato, el árbol en la actualidad tendría alrededor de 250 a 300 años de edad. Estimación que se corroboró mediante el uso de técnicas dendrocronológicas, para lo cual se obtuvieron secciones transversales tanto de tocones de ramas muertas del árbol, como de secciones de ramas de individuos vivos aledaños al ejemplar de interés, con ellas

The majestic bald cypress of Lagos de Moreno, Jalisco state is another of the specimens linked to the Independence war. This colossus is 24 m high, 4.13 DBH, 19.6 of canopy and owns an estimated age of 371 years old (Figure 16). When this event started, the tree was an adult already and it was a witness of the liberation efforts of Hidalgo, Francisco Primo de Verdad y Ramos and Pedro Moreno, among diverse heroes, some of which were executed by shooting by the Realista troops at the Villa de Lagos itself.



Figura 16. Árbol majestuoso de sabino con una edad estimada de 371 años (izquierda), dimensiones del tronco (centro) y ramas superiores (derecha). Este árbol se ubica en la periferia de Lagos de Moreno, Jalisco.

Figure 16. Majestic bald cypress tree with an approximate age of 371 years old (left), trunk size and upper branches (right). This tree is located nearby Lagos de Moreno, Jalisco state.

se estimó la edad de "El Churrasco" en 327 años, lo cual indica que el árbol ya era adulto cuando sucedió el hecho histórico antes relatado.

Hace diez años, el "Encino del Bicentenario" a causa del volumen de su copa y de su peso fue derribado por un fuerte ventarrón, por lo que sus raíces quedaron expuestas al proceso de desecación y deterioro ambiental; sin embargo, después de que el Departamento de La Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) inició su protección, propagación de su semilla y con labores de restauración, el árbol se recuperó y se encuentra en buenas condiciones de salud, lo que abre la posibilidad de que pueda vivir por varias décadas más.

El sabino majestuoso de Lagos de Moreno, Jalisco es otro de los especímenes ligados con la gesta independentista. Este coloso tiene una altura de 24.0 m, diámetro de fuste de 4.13 m, perímetro de copa de 19.6 m y una edad estimada de 371 años (Figura 16). Cuando inició el movimiento de independencia, el árbol era ya adulto, y fue testigo de los esfuerzos libertadores de Hidalgo, Francisco Primo de Verdad y Ramos, Pedro Moreno, entre otros personajes, algunos de los cuales fueron fusilados por las tropas realistas en la misma Villa de Lagos.

En el crecimiento del árbol han sido determinantes las condiciones climáticas. En la actualidad está protegido y todo indica que vivirá por muchos años más para beneplácito de sus pobladores, quienes lo tienen como un sitio de recreo familiar.

#### Acciones de investigación desarrolladas para la conservación de ecosistemas con árboles antiguos

Los ecosistemas con árboles viejos proporcionan un valor agregado para el desarrollo de acciones de investigación que coadyuven, a fomentar áreas para su protección, o bien en

Weather conditions have been crucial for the growth of the tree. At present it is protected and everything suggests that it will live for many more years, for the benefit and consent of the local people, who have it as a spot for family recreation.

#### Research actions for the conservation of ecosystems with ancient trees

Ecosystems with ancient trees provide additional value for the development of research actions that help to foster protection areas, or those already under protection, will produce scientific information that offers a contribution for a better understanding of how do ecosystems work and the impact of the hydroclimatic variables as time goes by. Also they are basic for ecotourism projects that involve passing over sites where long- living trees are present.

Studies concerning the structure dynamics of *Pseudotsuga menziesii* mixed forests and habitats of threatened species or at risk of extinction are very valuable to promote conservation. This way, field works in specific stands of Sierra Madre Occidental, that are nesting sites for the mountain macaw - such as Tutuaca Reserve, Maderas, Cerro Mohinora and Mesa de las Guacamayas, in Chihuahua state; El Cocono, Chiqueros and other stands in the municipality of Guanaceví, Durango state- show that the protection of old-growth trees in these areas besides the conservation of dead trees, that are a source of protection and food for a great diversity of birds, are important actions for the right management of protected areas (Fulé *et al*, 2005). Hydroclimatic history information from annual ring-widths of ancient trees added to the studies of historic frequency of forest fires found direct actions for the restoration of ecosystems and conservation of relict species such as *Picea chihuahuana* Martínez, present in some existent stands in the state of Chihuahua, that reach around 300 year old (Figure 17).



Figura 17. Rodal de *Picea chihuahuana* en Cerro Mohinora, Chihuahua. Esta especie está en peligro de extinción, por su escasa población y mínima reproducción.

Figure 17. Stand of *Picea chihuahuana* in Cerro Mohinora, Chihuahua state. This species is at risk of extinction, as it has a scarce population and a very poor natural regeneration.



aquellas ya protegidas generarán información científica que contribuya a un mejor entendimiento del funcionamiento del ecosistema mismo y del impacto de las variables hidroclimáticas a través del tiempo. Así mismo son fundamentales para la implementación de proyectos ecoturísticos, que involucren en sus actividades recorridos a sitios con la presencia de árboles longevos.

Estudios de la dinámica estructural de bosques mixtos con *Pseudotsuga menziesii* y del hábitat de especies amenazadas o en peligro de extinción son de gran valía para promover su conservación. De esta manera, trabajos realizados en rodales específicos de la Sierra Madre Occidental, que constituyen sitios de anidamiento de la guacamaya serrana tal es el caso de la Reserva Tutuaca, Maderas, Cerro Mohinora, y Mesa de las Guacamayas, Chihuahua; El Cocono, Chiqueros y otros rodales en el municipio de Guanaceví, Durango, indican que la protección del arbolado viejo en esas áreas aunado a la conservación de árboles muertos, que son fuente de protección y alimento de una gran diversidad de aves, son acciones importantes para el adecuado manejo de las áreas protegidas (Fulé *et al.*, 2005). La información hidroclimática histórica derivada de los anillos de crecimiento de árboles longevos, sumada a los estudios de frecuencia histórica de incendios fundamentan acciones de aplicación directa para la restauración de ecosistemas y conservación de especies relicto como es el caso del abeto (*Picea chihuahuana* Martínez), que en algunos de los rodales existentes en el estado de Chihuahua logra edades cercanas a los 300 años (Figura 17).

*Pseudotsuga menziesii* es la especie más importante para las investigaciones paleoclimáticas del último milenio, y acciones de protección para su conservación permiten que estos testigos fieles del clima continúen su labor de registro en sus anillos de crecimiento, con los cuales es factible determinar la presencia de sequías, períodos húmedos y la influencia de patrones atmosféricos de circulación general. Al respecto, uno de los rodales más interesantes con *Pseudotsuga* se localiza en Cuauhtémoc la Fragua, municipio de Guadalupe Victoria, Puebla, en la parte media altitudinal del Pico de Orizaba. En este sitio en el cual se ha generado una cronología de más de 500 años, que está significativamente correlacionada con sequías ocurridas en el Valle de México y con la producción histórica de maíz (Therrell *et al.*, 2006). Conservar este relicto de bosque antiguo es un reto para las autoridades estatales y locales debido a la fuerte presión social que ejerce la población hacia esos remanentes de ecosistemas de bosque mixto, que en la actualidad están en peligro de extinción a consecuencia del sobrepastoreo, la tala ilegal, los incendios provocados, el aclareo para siembra de papa, avena y otros cultivos anuales. Dichas áreas también son fuente de producción de agua para el Valle de México, de la cual se abastece directamente a las poblaciones locales.

*Pseudotsuga menziesii* is the most important species for the paleoclimatic research of the last millennium, and the protection actions for its conservation make it possible that these loyal to the weather witnesses continue their record mission through their annual growth rings, with which it is feasible to determine droughts, wet periods and the influence of atmospheric patterns of general circulation. In this sense, one of the most important stands with *Pseudotsuga* is found in Cuauhtémoc la Fragua, Guadalupe Victoria municipality, Puebla state, at medium altitude of Pico de Orizaba. In this site a chronology of more than 500 years has been created, that has been significantly correlated with droughts that took place in Valle de Mexico basin and with the historic production of maize (Therrell *et al.*, 2006). To preserve this old-growth forest relic is a challenge for the state and local authorities, as population exerts an intense pressure upon these remaining mixed forest ecosystems, that, at present, are at risk of extinction as a consequence of over-grazing, illegal harvesting, intentional forest fires and clear-cutting for potato, oats and other annual crops. Such areas are also a source of water production for the Valle de Mexico, which supply directly to the local population.

Reconstruction of climatic variables with tree specimens of *Pseudotsuga menziesii* and *Pinus cembroides* in natural protected areas of Coahuila state such as Maderas del Carmen, Zapalinamé, Sierra de Jimulco, among others, are basic to know the hydroclimatic variability and its effect upon the ecosystem dynamics that are present in each of them. This information is of practical use, too, in the degraded areas, for the application of prescribed forest fires and for the planning of management strategies.

Gallery forests of ahuehuete are very outstanding, even if, as a general condition, they show a sever disturbance, that is the result of river water pollution from industrial and urban debris. In spite of it, the ecologic relevance that this species has in terms of building areas of scenic beauty, of favoring water bed stability, of forming real microclimates and of fostering biodiversity, there have been few efforts made by government agencies and society itself to preserve this tree of national identity. There are unaccountable examples in the country where rivers and superficial water deposits, which is the habitat of ahuehuete, have been polluted and almost ruined by means of the direct discharge of residual water or of urban, industrial or of a combination of both; by the river bed modification as a consequence of crop harvest, mines, urban use or also by the superficial stream deviation to storage places with agriculture endings, a situation that favors the elimination of ancient trees of the original river banks (Figure 18).

On the other hand, the direct damage that has been done to the trees through branch cutting, stem wounds or vandalism that comes from intentional forest fires or the removal of trees, land use changes that have produced a permanent damage to these ecosystems, demands the urgent application

La reconstrucción de variables climáticas con especímenes arbóreos de *Psuedotsuga menziesii* y *Pinus cembroides* en áreas naturales protegidas del estado de Coahuila como: Maderas del Carmen, Zapalinamé, Sierra de Jimulco, entre

of actions that stimulate the culture of revaluation of ahuehuate, so that it guarantees the restoration of these gallery forests, once recreation sites and of national pride from their great scenic beauty and historic meaning.



Figura 18. Parajes con ejemplares de ahuehuate muertos por efecto de la desviación de corrientes de agua (izquierda y centro). La imagen de la derecha es un sitio con ahuehuate, altamente contaminado y que drena hacia el Lago de Chapala, Jalisco.  
Figure 18. Spots with dead ahuehuate trees due to the deviations of water streams (left and center). The image to the right is a site with ahuehuate, intensely polluted and that drains to Lago de Chapala, Jalisco state.

otras, son de fundamental importancia en el conocimiento de la variabilidad hidroclimática y de su impacto en la dinámica de los ecosistemas presentes en cada una de ellas. Información que a la vez es de aplicación práctica en la restauración de áreas degradadas, para la aplicación de incendios prescritos y para el diseño de estrategias de manejo.

Los bosques de galería de ahuehuate son de los más llamativos, aunque en general muestran alto grado de disturbio, resultado de la contaminación de los ríos producto de descargas industriales y desechos urbanos. No obstante, la relevancia ecológica que reviste el ahuehuate en términos de constituir áreas de belleza escénica, favorecer la estabilización de cauces, formar verdaderos microclimas y fomentar la biodiversidad, pocos han sido los esfuerzos realizados por organismos gubernamentales y la sociedad misma para conservar este árbol de identidad nacional. Son innumerables los ejemplos en el país, donde los ríos o cuerpos de agua superficial, hábitat del ahuehuate, han sido contaminados y prácticamente arruinados mediante la descarga directa de aguas residuales de origen urbano, industrial o de ambos; por la modificación de cauces a consecuencia de aprovechamientos agrícolas, mineros, de uso urbano o bien la desviación de corrientes superficiales hacia sitios de almacenamiento con fines agropecuarios, situación que origina la desaparición de árboles añejos de los cauces originales (Figura 18).

Por otra parte, el daño directo que se ha infringido al arbolado, mediante el corte de ramas, heridas en troncos o bien actos vandálicos que derivan en incendios provocados o remoción del arbolado mismo, por cambios de uso del suelo ha ocasionado un daño irreparable

Studies of population structure and location of old species are basic not only to analyze the dendrochronologic potential of individuals that make up the populations, but to determine the species dynamics, growth rates and biodiversity too, as it is relevant information that can be used for the decision makers to establish conservation actions or to restore some gallery ecosystems, of local, regional or national priority.

One of the locations that deserves urgent conservation actions in Los Peroles, at San Francisco ejido, Rioverde municipality, San Luis Potosí state, a site that has one of the oldest ahuehuate examples found in Mexico, also a place where the Monarch butterfly rests on its rout to the territory where it hibernates in Mexico and Michoacan states. At the same time, the presence of deep water springs and of endemic species can become an attraction to transform it into an ecotourism spot of national and international fame. The present land use of Los Peroles is basically goat, horse and game grazing, which endangers the examples that grow there, and that are frequently damaged by human induced fires that are started to promote the sprout of needle grass (*Spartina spartinae* Trin. & Merr.), for the eventual feeding of game (Villanueva *et al.*, 2003a).

The conservation of sites with millenary trees of *Taxodium mucronatum* such as Barranca de Amealco in Queretaro state and of other spots in the Nazas basin and of San Pedro-Mezquitlan in Durango state, are a real challenge for the conservation agencies. The works of population dynamics and dendrochronology provide technical and scientific information that helps to start options for conservation and restoration.

The ahuehuetes of the formerly mentioned location are very sensible to the rainfall that occurs during Summer time, thus, from their study it is possible to determine the dominant

en estos ecosistemas, por lo que urgen acciones que fomenten una cultura de valoración del ahuehuete que garantice la restauración de esos bosques de galería, otrora sitios de recreación y de orgullo nacional por su gran belleza escénica y significado histórico.

Estudios de estructura poblacional y ubicación de especímenes añejos son fundamentales no sólo para analizar el potencial dendrocronológico de los individuos que conforman las poblaciones, sino también para determinar la dinámica de la especie, tasas de crecimiento y biodiversidad; información relevante que puede ser utilizada por los tomadores de decisiones para establecer acciones de conservación o bien de restauración de algunos ecosistemas de galería, de prioridad local, regional o nacional.

Una de las localidades que amerita acciones urgentes de conservación es el paraje Los Peroles, en el ejido San Francisco del municipio de Rioverde, San Luis Potosí, sitio que posee los ejemplares de ahuehuete más longevos detectados en México además es un lugar de descanso de la mariposa monarca en su ruta de migración hacia el territorio donde hiberna en el Estados de México y Michoacán. Al mismo tiempo, la presencia de manantiales profundos y de especies endémicas son un atractivo más para hacer de éste un lugar ecoturístico de prestigio nacional e internacional. El uso actual del suelo de Los Peroles es básicamente de pastoreo caprino, equino y vacuno, el que hace peligrar los ejemplares ahí presentes, que con frecuencia son afectados por incendios provocados, que se realizan para favorecer el rebrote del pasto aguja (*Spartina spartinae* Trin. & Merr.), el cual se desarrolla en el estrato herbáceo, para su posterior consumo por el ganado (Villanueva *et al.*, 2003a).

La conservación de sitios con la presencia de árboles milenarios de *Taxodium mucronatum*, como la Barranca de Amealco en el estado de Querétaro y de otros parajes en las cuencas del Río Nazas y San Pedro-Mezquitil en Durango, representan un verdadero reto para las agencias de conservación. Los trabajos de dinámica poblacional y dendrocronológicos aportan información técnica y científica que coadyuva a implementar medidas para su conservación y restauración.

Los ahuehetes de Barranca de Amealco, Querétaro son muy sensibles a la precipitación que ocurre en la época de verano, por lo que a partir de su estudio es factible determinar las condiciones climáticas predominantes durante el establecimiento, florecimiento y decadencia de las civilizaciones Prehispánicas que se establecieron en el Valle de México. La difusión del potencial que tiene esta especie para derivar información paleoclimática, aunado a los beneficios ecológicos, estéticos y de biodiversidad constituyen elementos esenciales que son importantes resaltar y difundir y que pueden contribuir a

climatic conditions during their establishment, flourishing and fall of the pre-Hispanic civilizations that lived in Valle de Mexico. The potential that this species have to reveal paleoclimatic information, in addition to the ecological, aesthetic and biodiversity benefits it brings, are essential elements that must be underlined and divulged and that can help to promote actions that favor the conservation of such ecosystems, that are unique in Mexico.

The location of stands where long-living trees are present in Mexico is a rather new process and the pending research work is huge, especially if it is considered that the individuals that accomplish many years, like ahuehuete, grow in almost all of the national territory. A similar situation occurs in the "piñonero" pine, that is a taxon with a broad distribution at the north and central part of Mexico. On the other hand, there still a lot to do about the identification of the long-lived species that might be present in diverse ecosystems of mild, semi-desert, semitropical and tropical ecosystems.

## CONCLUSIONS

The conservation of ecosystems where old trees are present is strategic, since the ancient specimens keep a keen relation to other organisms that share the same ecologic niche; in addition, they engulf paleoclimatic information that is essential for historic studies about rainfall variability and other climatic variables. In spite of this, research on this field is very scarce in Mexico, since it is very important to exhibit the knowledge achieved by now in relation to the location of ecosystems with centenary and millenary individuals.

Ahuehuete is the most long-lived species; specimens of more than 1500 m are located in central and northern Mexico; trees over 300 years are frequent, in particular in the states of Nuevo Leon, Durango, Coahuila, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Jalisco, San Luis Potosí, Tamaulipas and Oaxaca.

Douglas fir, a conifer that grows at altitudes over 2,300 m, is a species that, besides its ability to survive more than 600 years, shows a high sensibility to climatic changes, and is very useful for paleoclimatic studies and atmospheric patterns of general circulation that act over the whole national territory, for example El Niño Southern Oscillation and the North America Monsoon (Stahle *et al.*, 1998). However, forest harvest of mountain ecosystems, droughts and insect outbreaks have favored the disappearance of many ancient stands where the specie develops; thus, this sort of studies can make a contribution to design management plans for its conservation.

Finding centenary and millenary trees in the diverse ecosystem is primal as they are additional elements to fund actions that lead to their protection, to the restoration of degraded ecosystems, the design of ecotourism projects and biodiversity conservation.

generar acciones que fomenten la conservación de dichos ecosistemas, únicos de México.

La ubicación de rodales con la presencia de árboles longevos en la República Mexicana es un proceso incipiente y el trabajo de investigación pendiente es enorme, especialmente si se considera que los individuos que logran muchos años de vida, como el ahuehuete, se desarrollan casi en todo el territorio nacional. Una situación similar ocurre con el pino piñonero, taxón con muy amplia distribución en el norte-centro de México. Por otra parte, falta mucho que hacer en la identificación de especies longevas que pudieran estar presentes en diversos ecosistemas de clima templado, semidesértico, semitropical y tropical.

## CONCLUSIONES

La conservación de ecosistemas con la presencia de arbolado viejo resulta estratégico, ya que los especímenes antiguos guardan estrecha relación con otros organismos que comparten el mismo nicho ecológico; además de contener información paleoclimática esencial para estudios históricos de variabilidad de precipitación y de otras variables climáticas. No obstante lo anterior, las investigaciones de este tipo son muy escasas en México, por lo que es importante difundir el conocimiento generado hasta el momento, en relación con la ubicación de ecosistemas con la presencia de individuos centenarios y milenarios.


El ahuehuete es la especie más longeva; en la región centro-norte de México se ubican especímenes con más de 1,500 años de edad; además es común observar algunos que sobrepasan los 300 años de antigüedad, en particular en los estados de Nuevo León, Durango, Coahuila, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Jalisco, San Luis Potosí, Tamaulipas y Oaxaca.

El abeto Douglas, conífera que crece en altitudes superiores a 2,300 m constituye la especie que además de sobrevivir por más de 600 años muestra alta sensibilidad a cambios climáticos, y es de suma utilidad para estudios paleoclimáticos y patrones atmosféricos de circulación general, que afectan el territorio nacional, por ejemplo el Niño Oscilación del Sur y el Monzón de Norteamérica (Stahle *et al.* 1998). Sin embargo, el aprovechamiento forestal de los ecosistemas de montaña, la presencia de sequías y el ataque de plagas ha provocado la desaparición de muchos rodales antiguos donde se desarrolla la especie, por lo que estudios de este tipo pueden contribuir a formular planes de manejo para su conservación.

La localización de organismos centenarios y milenarios en los diversos ecosistemas es primordial y son un elemento adicional para fundamentar acciones que conlleven a su protección, a la restauración de ecosistemas degradados, la formulación de proyectos ecoturísticos y la conservación de la biodiversidad.

The Bicentenary of Mexico is the ideal forum to promote the presence of centenary and millenary trees in the national territory, many of which were living witnesses of events linked to the Independence and Revolution civil wars, that are part of our identity and helped to counterfeit the nation we are at present.


## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was accomplished with the financial support provided by the funding of the Interamerican Institute for Research on Climate Change (IAI), 2047 CRN project, sponsored by the US/ National Science Foundation (Grant GEO-0452325), as well as INIFAP with fiscal resources, through the entitled project "Reconstrucción de clima, flujos y potencial ecoturístico de los bosques de galería de ahuehuete (*Taxodium mucronatum* Ten.) en México". 

End of the English version

El Bicentenario de México constituye el foro idóneo para promover la presencia de árboles centenarios y milenarios en el territorio nacional, muchos de los cuales fueron testigos vivientes de los acontecimientos de la Independencia y Revolución Mexicana, eventos que forman parte de nuestra identidad y que contribuyeron a forjarnos como la nación que somos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado gracias al financiamiento otorgado a través de fondos del Instituto Interamericano para Investigación del Cambio Climático (IAI), proyecto CRN # 2047, a su vez financiado por el US/National Science Foundation (Grant GEO-0452325). También se contó con financiamiento del proyecto apoyado con recursos fiscales del INIFAP denominado "Reconstrucción de clima, flujos y potencial ecoturístico de los bosques de galería de ahuehuete (*Taxodium mucronatum* Ten.) en México." 

## REFERENCIAS

- Acevedo-Rodríguez, R. 1998. Estudio sinecológico del bosque de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *oaxacana* Debreczy & Rácz, en la zona de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, México. Tesis Profesional de Ingeniero Forestal. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. México. 105 p.
- Applequist, M. B. 1958. A simple pith locator for use with off-center increment cores. *Journal of Forestry* 56: 141.
- Biondi, F. 2001. A 400-year tree-ring chronology from the tropical treeline of North America. *Royal Swedish Academy of Sciences* 30: 162-166.
- Brown, C. A., G. N. Mantz. 1986. *Baldcypress: the tree unique, the wood eternal*. Claitor's Publishing Division, Baton Rouge, LA, USA. 139 p.
- Carranza, E. 1992. *Taxodiaceae*. In: J. Rezedowski, G. Calderón de Rezedowski. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México. Fascículo 4, pp. 1-7.
- Cleaveland, M. K. 1986. Climatic response of densitometric properties in semiarid sites tree rings. *Tree Ring Bulletin* 46: 13-29.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2008. Programa institucional 2007-2012. SEMARNAT, CONAFOR México, D.F. México. 62 p.
- Constante García, V., J. Villanueva D., J. Cerano P., E. H. Cornejo O., S. Valencia M. 2009. Dendrocronología de *Pinus cembroides* Zucc. y reconstrucción de precipitación estacional para el sureste de Coahuila. *Rev. Cien. For. en Méx.* 34 (106): 17-39.
- Fritts, H.C. 1976. *Tree rings and climate*. London Academic Press. London. UK. 567 p.
- Fulé, P. Z., J. Villanueva-Díaz y M. Ramos-Gómez. 2005. Fire regime in a conservation reserve in Chihuahua, Mexico. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 320-330.
- Hermann, R. K., D. P. Lavender. 1990. "Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco, Douglas-fir". In: Burns, R. B., Honkala, B. H. (Technical coordinators). *Silvics of North America: 1. Conifers*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook. Washington, DC, USA. 654 p.
- Lammertink, J. M., A. J. Rójas T., F. M. Casillas O y R. L. Otto. 1997. Situación y conservación de los bosques antiguos de pino-encino de la Sierra Madre Occidental y sus aves endémicas. Consejo Internacional para la Preservación de las Aves, Sección Mexicana. México. D. F., México. 103 p.
- Little, E. L. Jr. 1971. Atlas of the United States trees, Volume 1, conifers and important hardwoods. Miscellaneous publications 1146, Washington, DC., USA. 200 maps.
- Luque, E. 1921. Voto razonado para elegir el árbol nacional. *Sociedad Forestal Mexicana. Revista México Forestal* 1 (9 - 10): 3.
- Martínez, M. 1963. *Las pináceas mexicanas*. Universidad Autónoma de México. México, D.F. México. 345 p.
- Martínez, A. 1999. El Ahuehuete. *Biodiversitas* 5(25): 12-14.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial LIMUSA. México, D.F. México 432 p.
- Rivas M., F. Moreno. 2005. Un árbol mágico en Valle de Bravo. *Arborea* 7(12-13): 51-52.
- Santillán-Hernández, M., E. Cornejo-Oviedo, J. Villanueva-Díaz, J. Cerano-Paredes, S. Valencia-Manzo, Angel Capó-Arteaga. 2010. Potencial dendrocronológico de *Pinus pineana* Gordon en la Sierra Madre Oriental. *Madera y Bosques* 16(1): 17-30.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, protección ambiental - especies nativas de México de flora y fauna silvestre. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario oficial de la federación. México, D.F. México. 81p.
- Stahle, D. W. 1996. Tree rings and ancient forest relicts. *Arnoldia* 56(4): 2-10.
- Stahle, D. W., R. D. Dárrigo, P. J. Krusic, M. K. Cleaveland, E. R. Cook, R. J. Allan, J. E. Cole, R. B. Dunbar, M. D. Therrell, D. A. Guy, M. D. Moore, M. A. Stokes, B. T. Burns, J. Villanueva-Díaz, and L. G. Thompson. 1998. Experimental dendroclimatic reconstruction of the Southern Oscillation. *Bulletin of the American Meteorological Society* 70(10): 2137-2152.
- Stahle D. W., J. Villanueva, M. K. Cleaveland, M. D. Therrell, G. J. Paull, B. T. Burns, W. Salinas, H. Suzan, P. Z. Fulé. 2000. Recent tree-ring research in Mexico, en F. A. Roig (comp.), *Dendrocronología en América Latina*. EDIUNC, Mendoza, Argentina. pp. 285-306.
- Stokes, M. A. and T. L. Smiley. 1968. *An introduction to tree-ring dating*. The University of Chicago Press. Chicago, Illinois, USA. 78 p.
- Therrell, M. D., D. W. Stahle, J. Villanueva D., E. Cornejo O., M. K. Cleaveland. 2006. Tree-ring reconstructed maize yield in central Mexico: 1474-2001. *Climatic Change* 74: 493-504.
- Vargas M. F. 1997. Compendio de árboles históricos y notables de México. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT. México, D.F., México. 52 p.
- Villanueva, D. J., A. Hernández R., F. García S., E. Cornejo O., D.W. Stahle, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland. 2003a. Análisis estructural de un rodal de sabino (*Taxodium mucronatum* Ten.) en Los Peroles, San Luis Potosí, México. *Rev. Cien. For. en Méx.* 28 (94): 57-79.
- Villanueva D. J., D.W. Stahle, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland, F. Camacho Morfín, P. Núñez Díaz de la Fuente, S. Gómez Chávez, J. Sánchez Sesma, J. A. Ramírez García. 2003b. Registros climáticos de los ahuehuetes de Chapultepec en los últimos 450 años. *Boletín del Archivo Histórico del Agua* (8): 34-43.
- Villanueva, D. J., J. Cerano P., D.W. Stahle, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland, B. H. Luckman. 2005. Estudios paleoclimáticos en México utilizando anillos de crecimiento de especies arbóreas. In: Benavides S. J., F. Becerra L., T. Hernández T., C. González S., G. Flores (Editores). *Contribución al estudio de los servicios ambientales*. Libro Técnico No. 1. INIFAP CIRPAC. Guadalajara, Jalisco, México. pp. 7-32.
- Villanueva-Díaz, J., J. Cerano P., D. W. Stahle, M. D. Therrell, L. Vázquez Selem, R. Morán Martínez, B. H. Luckman. Morán M. 2006a. Árboles viejos del centro-norte de México: Importancia ecológica y paleoclimática. Folleto Científico No. 20. INIFAP CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango. 46 p.
- Villanueva-Díaz, J., J. Cerano P., B. H. Luckman, J. Estrada A., D. W. Stahle, I. Sánchez C., M. D. Therrell, R. Morán M. 2006b. Precipitación y flujo histórico de la cuenca Nazas-Aguanaval. Folleto Científico No. 19. INIFAP CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango, México. 44 p.
- Villanueva-Díaz, J., Peter Z. Fulé, J. Cerano P., J. Estrada A., I. Sánchez C. 2009. Reconstrucción de la precipitación estacional para el barlovento de la Sierra Madre Occidental. *Rev. Cien. For. en Méx.* 34 (105): 37-69.



