

inifap

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA
EN RELACIÓN AGUA-SUELO-PLANTA-ATMÓSFERA

CENID-RASPA

ÁRBOLES VIEJOS DEL CENTRO-NORTE DE MÉXICO

Importancia Ecológica y Paleoclimática

**Dr. José Villanueva Díaz
Ing. Julián Cerano Paredes
Dr. D. W. Stahle
Dr. M. D. Therrell
Dr. Lorenzo Vázquez Salem
Ing. Roque Morán Martínez
Dr. B. H. Luckman**

ISBN: 970-43-0085-9

Folleto Científico 20

Gómez Palacio, Dgo.

Noviembre del 2006

Árboles viejos del Centro-Norte de México

Importancia Ecológica y Paleoclimática

Dr. José Villanueva Díaz
Ing. Julián Cerano Paredes
Dr. D.W. Stahle
Dr. M.D. Therrell
Dr. Lorenzo Vázquez Salem
Ing. Roque Morán Martínez
Dr. B. H. Luckman

CENID-RASPA

2006

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria
en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera.

Km 6.5 margen derecha Canal Sacramento
Gómez Palacio, Durango. MÉXICO.

Apdo. Postal 41

35150 Cd. Lerdo, Dgo.

Teléfonos y Fax: 01 (871) 719-10-76, 719-10-77 y 719-11-34

e-mail: cenid.raspa@inifap.gob.mx

El contenido de esta publicación podrá reproducirse total o parcialmente con fines específicos de divulgación, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente a los autores, al CENID-RASPA y al INIFAP.

ISBN: 970-43-0085-9

Prologo

México es catalogado como uno de los cinco países en el mundo con mayor biodiversidad. Esta riqueza genética, sin embargo, se encuentra actualmente amenazada debido al acelerado cambio de uso del suelo, elevada tasa de deforestación que se estima supera las 350 mil ha por año, sobrepastoreo con fuerte impacto en la erosión del suelo, incendios antropogénicos y al cambio climático global que hace más sensibles a las especies a fluctuaciones drásticas en precipitación, temperatura, evaporación y a otras variables climáticas; así se observa la explosión de plantas parásitas, barrenadores, plagas, enfermedades, etc., que hacen presa fácil de algunas especies arbóreas ocasionando su muerte y con ello la desaparición de un cúmulo de información genética y climatológica acumulada a través de los años. Los bosques vírgenes o bosques viejos en México prácticamente han desaparecido en los últimos 50 años; no obstante lo anterior, en algunos lugares apartados de las montañas, cañadas o sitios de difícil acceso, áreas riparias, ecosistemas tropicales, desérticos, etc., todavía se encuentran relictos de estos ecosistemas viejos. El conocer la edad de algunos especímenes arbóreos presentes en los ecosistemas con poco disturbio, contribuye con información técnica valiosa para justificar la conservación de estos sitios o restauración de algunos otros. Los árboles viejos amén de ser fuente importante de ingredientes activos, alimentos, forraje, etc., constituyen verdaderas estaciones climáticas al registrar en sus anillos de crecimiento anual las fluctuaciones en precipitación, temperatura y el impacto de patrones de circulación atmosférica global.

Dada la gran diversidad de ecosistemas en México es difícil desarrollar en cada uno de ellos estudios específicos de dinámica poblacional o estudios dendrocronológicos para definir la edad de sus componentes arbóreos. No obstante lo anterior, este folleto científico amalgama una serie de esfuerzos realizados por personal investigador del INIFAP CENID-RASPA para determinar la edad de algunos especímenes propios de ecosistemas de montaña y de bosques de

galería con edades que llegan a sobrepasar el milenio. La información generada puede utilizarse por diversos organismos gubernamentales como SEMARNAT, CONAFOR, CNA, tomadores de decisiones, prestadores de servicios, departamentos de ecología municipal, estatal y organismos no gubernamentales, entre otros, para fundamentar acciones de conservación de sitios con la presencia de especímenes arbóreos centenarios o milenarios.

Dr. José Antonio Cueto Wong
Director del CENID RASPA

Contenido

| | |
|---|----|
| Introducción | 1 |
| Características fenotípicas de especímenes viejos | 3 |
| Estimación de edad | 5 |
| Desarrollo de cronologías de árboles longevos en México | 7 |
| Acciones de investigación desarrolladas para la conserva- ción de ecosistemas con árboles antiguos | 31 |
| Conclusiones | 41 |
| Agradecimientos | 43 |
| Referencias. | 44 |

Introducción

En un mundo globalizado, donde la conservación del ambiente y de sus recursos naturales es fundamental, cobra especial relevancia, primero conocer cuál es la riqueza biológica de un país para no destruirla, así como formular planes para su manejo y conservación. En este tenor, el desconocimiento de la existencia de ejemplares arbóreos antiguos en México, en la Sierra Madre Occidental, Oriental, otros sistemas montañosos del país, áreas riparias, zonas semiáridas y ecosistemas tropicales y semitropicales ha provocado de manera acelerada su exterminio, debido entre otros aspectos al desconocimiento de su existencia. Caso concreto es la desaparición casi total de los bosques viejos de pino-encino en la Sierra Madre Occidental, originado por la elevada tasa de deforestación que se estima supera actualmente las 350 mil ha por año, además de otros cambios de uso del suelo, como la apertura de áreas agrícolas, sobrespastoreo, incendios provocados y aun por la apertura de áreas inaccesibles para el establecimiento de cultivos ilegales en sitios que normalmente no han sido aprovechados y que aún poseen o poseían árboles viejos (Lammertink *et al.*, 1997, SEMARNAT, 2000).

La destrucción de ecosistemas con especímenes centenarios, no sólo origina la desaparición de ellos, si no que también 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. Esto también representa pérdida de biodiversidad y de germoplasma de especímenes adaptados a condiciones ecológicas estresantes; fuente de alimentos, ingredientes activos medicinales e industriales y de información climática no disponible aún en los registros instrumentales de mayor extensión y calidad actualmente conocidos.

Un país como México, de reconocimiento internacional por su riqueza biológica, requiere de estudios específicos que indiquen la ubicación precisa de ecosistemas con especímenes centenarios y aun milenarios, de tal suerte que sea factible conservarlos y aprovechar la riqueza que en términos de servicios ambientales (aire, agua, fauna silvestre, ecología del paisaje, ecoturismo, etc.) y paleoclimáticos son capaces de proporcionar. Los esfuerzos que se han hecho en México para ubicar árboles añejos son muy limitados y más que nada fundamentan la importancia de estos individuos por su tamaño, relación con algún hecho histórico, aspecto religioso o sentimental que los liga al establecimiento de un asentamiento humano (Vargas, 1997).

El objetivo general de esta publicación es indicar la ubicación de estos especímenes antiguos en el centro-norte de México y hacer hincapié en aprovechar el cúmulo de información paleoclimática y

ecológica que estos organismos guardan en sus anillos de crecimiento anual, con el fin de capitalizar dicha información para el desarrollo de planes de manejo sustentable, ecoturismo, servicios ambientales y para su conservación.

Características fenotípicas de especímenes viejos

Existe la creencia generalizada de que los árboles viejos son aquellos individuos vigorosos, de dimensiones colosales que se ubican en suelos profundos, fértiles y con una provisión adecuada de humedad; esta creencia es normalmente errónea y más bien el hábitat de estos individuos es muy distinto, es decir, suelos someros, escarpados, de escasa fertilidad y dependientes del agua que se almacena exclusivamente en el perfil del suelo antes o durante la estación de crecimiento; aunque cada especie exhibe características muy peculiares de añejamiento, ciertas características morfológicas parecieran ser comunes entre árboles viejos, una de estas características es que el tallo principal y las ramas se tuercen longitudinalmente, la madera exhibe grano espiralado, copa aplanada y de reducida superficie debido a la muerte de los extremos superiores de las ramas terminales; las ramas principales son escasas y de apariencia colgante, la corteza es delgada y en las coníferas se observa descortezamiento, cambio en su coloración que en muchas especies se torna rojizo y en algunas otras gris o blancuzco, como es el caso del ahuehuete, con pudriciones o ahuecamientos en el tronco principal y el tallo de algunos ejemplares

sirve de sustrato para el desarrollo de líquenes, mohos y especies parásitas; es común también observar la exposición de raíces secundarias o cuello de la raíz principal y, por otra parte, el tamaño del árbol es mayor con relación a otros individuos creciendo en condiciones ecológicas similares (Stahle, 1996) (Figura 1). También hay que considerar que los árboles viejos, particularmente de coníferas, se ubican en rodales donde no ha existido aprovechamiento o éste ha sido muy limitado.



Figura 1. Rama torcida y con grano espiralado, características comunes de árboles viejos. Esta rama en especial pertenece a un ahuehuete de 1300 años.

Estimación de edad

El conocimiento de la edad exacta 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 estimar la edad de especies que producen crecimientos anuales, como es el caso de coníferas y algunas latifoliadas caducifolias, es mediante la obtención de secciones transversales o extracción de núcleos de crecimiento con un taladro de Pressler y aplicación de técnicas dendrocronológicas estándar (Stokes y Smiley, 1968) (Figura 2). El cálculo de la edad de un espécimen se realiza con base al número de anillos contenida 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 contienen el centro del árbol (Applequist, 1958).

Para estimar el número de anillos faltantes se cuenta la existencia de anillos 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 contenidos en la sección faltante; asimismo, 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 transcurre para que estos alcancen la altura de muestreo. La edad estimada total del árbol se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$Eta = \langle (Ni + Nf + Na) \rangle$$

Donde: *Eta* es la edad total del árbol (años), *Ni* el número total de anillos en la sección de crecimiento o viruta obtenida con el taladro de Pressler, *Nf* el número de anillos en la sección faltante (extrapolación y método Applequist), *Na* el número de años que requiere el árbol para alcanzar la altura de muestreo (sección del fuste donde se obtuvo la viruta). Este valor puede fluctuar de cinco a más años, dependiendo de las condiciones del sitio en el que crece la planta y de la competencia intraespecífica (dentro de la misma especie) o interespecífica (entre especies) (Villanueva *et al.*, 2003a).

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 altura del árbol. Una desventaja de este procedimiento es que las especie arbóreas no crecen a una tasa uniforme año con año, especialmente cuando el árbol alcanza su madurez y tiene que distribuir su crecimiento en una mayor área foliar y diámetro de fuste, de ahí que este método conduzca a serios errores y solo se considere como una aproximación o un procedimiento estimativo de la edad de un árbol, aunque puede ser de gran validez para ciertas especies de lento crecimiento. Un método alternativo es mediante análisis químico y específicamente con el uso de Carbono 14. El método ha dado buenos resultados con algunas especies tropicales que se desarrollan en condiciones con poca diferenciación climática entre estaciones. Este

procedimiento tiene la limitante de que es muy tardado y costoso y de que es confiable sólo cuando el contenido de carbón en el centro del árbol ha permanecido estable; es decir, que el corazón o centro del árbol no haya sufrido pudriciones o ataque de barrenadores u otro tipo de plagas y enfermedades que hayan provocado desplazamientos de tejidos y alterado la composición química inicial de la madera.



Figura 2. Obtención de un núcleo de crecimiento con un taladro de Pressler. Observe que el taladro debe tener una posición perpendicular al tronco y aproximadamente a la altura del pecho.

Desarrollo de cronologías de árboles longevos en México

Los bosques viejos de México y, por ende, la presencia de especímenes centenarios o milenarios han sido confinados a sitios de

difícil acceso, algunas veces en áreas naturales protegidas y ocasionalmente en asentamientos urbanos o rurales, así como en predios particulares, donde los ejemplares han sido conservados debido a que tienen algún valor sentimental que los liga con sus propietarios o con la misma comunidad. Parte del proceso metodológico en este trabajo se fundamentó en estudios que describen la ubicación y estado actual de los bosques viejos y estudios botánicos y ecológicos que indican la distribución de aquellas especies, que por su naturaleza alcanzan largos períodos de vida. En la ubicación de arbolado viejo, también se consideró el conocimiento que en este aspecto tienen los ejidatarios, comuneros y prestadores de servicios forestales. Asimismo, se realizaron recorridos exploratorios para verificar la presencia de este tipo de arbolado y proceder a la toma de núcleos de crecimiento o virutas, muestras botánicas, de germoplasma (cuando existía), así como medición de variables morfológicas de tales especímenes (altura, diámetro normal) y descripción fisiográfica del sitio (tipo de suelo, especies asociadas, etc.).

Para propósitos de estimación de la edad se obtuvieron dos núcleos de crecimiento o virutas de estos árboles. Las muestras se extrajeron con taladros de Pressler de varias dimensiones y dependiendo del tamaño del árbol, se utilizaron taladros desde 14 hasta 28" de longitud, de tal manera que fue factible obtener el mayor radio e inclusive la mayoría de las muestras extraídas contuvieron el centro del árbol. La determinación de años de la muestra se obtuvo con el

uso de técnicas dendrocronológicas estándar (Fritts, 1976). Los núcleos de crecimiento procesados, fechados e identificados, se encuentran almacenados en el Laboratorio de Dendrocronología del INIFAP CENID-RASPA en Gómez Palacio, Durango.

Las cronologías de especímenes centenarios desarrolladas para diversas coníferas entre ellas *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus cembroides*, *Pinus pinceana*, *Pinus lumholtzii*, *Taxodium mucronatum*, entre otras, se ubican en rodales de bosque mixto, piñonar y áreas riparias del norte-centro de México (Figura 3, Cuadros 1 y 2).



Figura 3. Distribución de las cronologías de anillos de árboles desarrolladas para México. Estas cronologías proceden en su mayoría de rodales con árboles centenarios y milenarios.

Cuadro 1. Cronologías de anillos de árboles en México procedentes de árboles centenarios y milenarios desarrolladas por el INIFAP y por otras instituciones de investigación de Estados Unidos de América.

| Estado | Nombre del Sitio | Clave | Coordenadas | Longitud Cronología | Tipo de Cronología ¹ | Especie ² |
|--|---------------------|-------|----------------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------|
| Cronologías producidas por INIFAP | | | | | | |
| Aguas Calientes Coahuila | Salto de los Salado | SAS | 21.751, 102.367; 1690 m | 1622 - 2004 | RW | TM |
| | Víga | VIG | 25.238, 100.372; 3400 m | 1659 - 2001 | RW, EW, LW | PM |
| | Coahuilón | COA | 25.234, 100.333; 3200 m | 1700 - 2001 | RW, EW, LW | PM |
| | Pílares | PIL | 25.275, 100.492; 3150 m | 1775 - 2000 | RW, EW, LW | PM |
| | Morro | MOR | 25.201, 100.355; 3500 m | 1855 - 2000 | RW, EW, LW | PM |
| | Tarilal | TAR | 25.440, 100.551; 3200 m | 1872 - 2000 | RW, EW, LW | PM |
| | Sierra la Madera | SMD | 27.017, 102.287; 2180 m | 1719 - 2003 | RW, EW | PM |
| | Maderas del Carmen | MDC | 29.024, 102.568; 1700 m | 1761 - 2002 | RW | PA |
| | El Pajarito | PAJ | 27.038, 102.358; 2050 m | 1780 - 2003 | RW, EW, LW | PM |
| | Zapalinamé | ZAP | 25.284, 100.925; 2300 m | 1595 - 2004 | RW | PC |
| | Río Sabinas | RSA | 27.757, 101.020; 911 m | 1684 - 2004 | RW | TM |
| | Barrial de Gpe | BDG | 25.990, 103.241; 1295 m | 1834 - 2000 | RW | TM |
| | San Juan Sabino | SJS | 27.918, 101.289; 387 m | En proceso | RW | TM |
| | Jimulco | JIM | 25.15, 103.22; 2840 m | 1644 - 2002 | RW | PC |
| | Sierra Zapalinamé | SZA | 25.383, 100.9; 2.600 m | En proceso | RW | TM |

continúa...

| | | | | | | |
|-----------|----------------------|-----|-----------------------------|----------------|---------------|----|
| Durango | Bayas | BAY | 23.453, 104.841; 2980 m | 1681 - 2001 | RW, EW | PM |
| | Ciénega de la Vaca | CVC | 25.543, 105.592; 2800 m | 1763 - 2002 | RW, EW, LW | PM |
| | Cerro Bandera | BAN | 24.609, 105.108; 3170 m | 1675 - 2001 | RW, EW, LW | PM |
| | El Cócono | COC | 25.951, 106.356; 1950 m | 1450 - 2002 | RW, EW | PM |
| | Tarahumar | TAR | 25.571, 106.341; 2580 m | 1724 - 2003 | RW, EW, LW | PM |
| | San Diego Tenzáenz | SDT | 25.053, 106.074, 3039 m | 1777 - 2004 | RW, EW, LW | PM |
| | Pitoreal | PIT | 25.559, 105.954, 2730 m | 1693 - 2003 | RW, EW, LW | PM |
| | San Andrés | AND | 25.418, 105.538, 2790 m | 1700 - 2004 | RW, EW, LW | PM |
| | Nazas | NAZ | 25.385, 103.738, 1100 m | 1500 - 2004 | RW | TM |
| | Chiqueros | CHI | 26.186, 106.342; 2,900 m | En Proceso | RW, EW, LW | PM |
| Chihuahua | Bisaloachic | BIS | 28.657, 108.288; 2744 m | 1472 - 2002 | RW, EW | PM |
| | Cebadillas de Ocampo | CDO | 28.122, 107.950; 2781 m | 1588 - 2002 | RW, EW, LW | PM |
| | Masa las Guacamayas | MDG | 30.543, 108.619; 2665 m | 1636 - 2002 | RW, EW, LW | PM |
| | Madera | MAD | 29.308, 108.190; 2820 m | 1774 - 2001 | RW, EW, LW | PM |
| | Cerro Mohinora | MOH | 25.933, 107.01; 2,900 m | En proceso | RW, EW, LW | PM |

continúa...

| Jalisco | Bolaños | BOL | 21.875; 103.867; 2360 m | En proceso | RW | PLU |
|--|---------------------|-----|----------------------------|-------------|------------|-----|
| Nuevo León | Peña Nevada | PNE | 23.817; 99.841; 3200 m | 1400 - 2002 | RW, EW, LW | PM |
| | Cerralvo | CER | 26.083; 99.620; 1280 m | 1741 - 2003 | RW | TM |
| | Río San Juan | RSJ | 25.450; 100.088; 1240 m | 1887 - 2003 | RW | TM |
| Querétaro | Barranca de Amealco | BAM | 20.338; 100.120; 1950 m | 825 - 2004 | RW | TM |
| San Luis Potosí | Peroles | PER | 22.188; 99.898; 960 m | 467 - 2004 | RW | TM |
| Sonora | Sierra los Ajos | SLA | 30.900; 109.950; 2400 m | 1838 - 1992 | RW | PM |
| Zacatecas | Jiménez del Teul | JIM | 23.210; 103.953; 2758 m | 1758 - 2001 | RW, EW, LW | PM |
| Cronologías producidas por Laboratorio de Dendrocronología, Universidad de Arkansas | | | | | | |
| Durango | Cerro Baraja | BAR | 26.400; 106.083; 3170 m | 1376 - 1993 | RW, EW, LW | PM |
| | Cuevecillas | CUE | 25.150; 106.383; 2500 m | 1651 - 1993 | RW, EW, LW | PM |
| | Ciénega de N.S. | CNG | 25.067; 105.300; 2500 m | 1675 - 1993 | RW, EW, LW | PM |
| | Guadalupe El Salto | SAL | 23.750; 99.517; 2590 m | 1481 - 1993 | RW, EW, LW | PM |
| Chihuahua | Las Tinajas | TIN | 30.400; 108.400; 2070 m | 1621 - 1993 | RW, EW, LW | PM |
| | Tabacote | TAB | 28.333; 108.000; 2250 m | 1583 - 1993 | RW, EW, LW | PM |
| | Creel Airstrip | C/A | 27.700; 107.600; 2200 m | 1644 - 1993 | RW, EW, LW | PM |

continúa...

| | | | | | | |
|--|------------------------------|------|----------------------------|----------------|---------------|-----|
| Nuevo León | Cerro Potosí | POT | 24.833, 100.067; 2800 m | 1845 - 1995 | RW, EW, LW | PM |
| Oaxaca | Cerro la Peña | CPN | 17.167, 98.633; 2550 m | 1561 - 2001 | RW, EW, LW | PM |
| Puebla | Cuahtémoc la Fragua | CUA | 19.173, 97.312; 3154 m | 1740 - 2004 | RW, EW, LW | PM |
| Querétaro | Pinal de Amoles | AMO | 21.167, 100.400; 2560 m | 1731 - 1998 | RW, EW, LW | PM |
| San Luis Potosí | Rioverde | VER | 21.683, 99.783, 820 m | 1574 - 1996 | RW | TM |
| Tamaulipas | Rancho del Cielo | RDC | 23.067, 99.267; 1800 m | 1772 - 1995 | RW | PMO |
| | Río Sabinas | SAP | 23.150, 99.133; 317 m | 1474 - 1995 | RW | TM |
| Tlaxcala | Villareal | TER | 19.533, 97.883; 3120 m | 1710 - 1998 | RW, EW, LW | TM |
| Veracruz | El Malpaso | MAL | 20.400, 98.133; 2580 m | 1730 - 1999 | RW, EW, LW | PM |
| Cronologías pro el Laboratorio de Dendrocronología de la Universidad de Arizona | | | | | | |
| Baja California | Baja/N/Pond | ---- | 32.250, 115.833; 1500 m | 1659 - 1960 | RW | PQ |
| | Baja/C/Vallecito | ---- | 32.083, 115.417; 2151m | 1564 - 1971 | RW | PJ |
| | San Pedro Martir Low | ---- | 31.167, 115.500; 2133 m | 1449 - 1971 | RW | PJ |
| | San Pedro Martir Observatory | ---- | 31.050, 115.467; 2700 m | 1650 - 1995 | RW | AC |
| | Baja/C/Tasajera-LIDE. | ---- | 31.000, 115.400; 2286 m | 1473 - 1972 | RW | LD |
| | Baja/C/Tasajera-ABCO | ---- | 31.000, 115.400; 2286 m | 1664 - 1971 | RW | AC |
| | Baja/C/Tasajera-PIJE | ---- | 31.000, 115.000; 2134 m | 1560 - 1971 | RW | PJ |
| | Tasajera Jeffrey Pine | ---- | 30.983, 115.517; 2440 m | 1450 - 1993 | RW | PJ |
| | Tasajera Sugar Pine | ---- | 30.983, 115.517; 2440 m | 1409 - 1993 | RW | PL |
| | Tasajera White Fir | ---- | 30.983, 115.517; 2440 m | 1601 - 1993 | RW | AC |

continúa...

Árboles Viejos

| | | | | | | |
|-----------|--------------------------------|------|----------------------------|----------------|----|----|
| Chihuahua | Canyon Grande | ---- | 30.533, 108.533; 2300 | 1678 - 1969 | RW | PM |
| | Tres Ríos | ---- | m 30.333, 108.500; 2347 | 1636 - 1965 | RW | PP |
| | Rancho Escondido | ---- | m 30.167, 108.250; 2121 | 1630 - 1965 | RW | PP |
| | Sierra del Nido | ---- | m 29.517, 106.817; 2333 | 1569 - 1971 | RW | PM |
| | Sierra del Nido | ---- | m 29.517, 106.817; 2333 | 1634 - 1971 | RW | PF |
| | Tomochic | ---- | m 28.417, 107.833; 2250 | 1680 - 1973 | RW | PM |
| | Creel | ---- | m 27.700, 107.600; 2200 | 1643 - 1973 | RW | PM |
| | Río Verde | ---- | m 26.300, 106.500; 2500 | 1634 - 1973 | RW | PM |
| Coahuila | Sierra del Carmen | ---- | m 28.933, 106.500; 2030 | 1675 - 1991 | RW | PM |
| | Sierra del Carmen los Cojos | ---- | m 28.933, 102.617; 2000 | 1827 - 1971 | RW | PC |
| Durango | El Vergel | ---- | m 26.750, 106.100; 2000 | 1763 - 1965 | RW | PC |
| | Cerro Bareja | ---- | m 26.367, 106.067; 3170 | 1595 - 1973 | RW | PM |
| | Los Angeles Sawmill | ---- | m 26.083, 106.083; 2800 | 1489 - 1973 | RW | PM |
| | Cuevecillas | ---- | m 25.150, 106.383; 2500 | 1651 - 1973 | RW | PM |
| | Ciénega N.S. Guadalupe | ---- | m 25.067, 106.300; 2300 | 1676 - 1973 | RW | PD |
| | Santa Rita Túnel | ---- | m 23.750, 105.517; 2590 | 1668 - 1965 | RW | PM |
| | El Salto-East | ---- | m 23.750, 105.517; 2500 | 1483 - 1972 | RW | PM |
| | El Salto-West | ---- | m 23.333, 105.600; 2590 | 1592 - 1965 | RW | PM |
| Michoacán | Sierra Chincua | ---- | m 19.667, 100.333; 2800 | 1922 - 1983 | RW | AR |

¹RW: Ancho de anillo total; EW: Madera temprana; LW: Madera tardía. :TM: *Taxodium mucronatum*; PM: *Pseudotsuga menziesii*; PA: *Pinus arizonica*; PC: *Pinus cembroides*; PLU: *Pinus lumholtzi*; PMO: *Pinus moctezumae*; PQ: *Pinus quadrifolia*; P-J: *Pinus jeffreyi*; AC: *Abies concolor*; LD: *Libocedrus decurrens*; P-L: *Pinus lambertiana*; PP: *Pinus ponderosa*; PF: *Pinus flexilis*; AR: *Abies religiosa*

El mayor énfasis en la ubicación de ecosistemas y especímenes añejos se ha avocado al bosque mixto de coníferas con la presencia de *Pseudotsuga menziesii*, también conocida por sus sinonimias locales como ayarín, cahuite, palocote, pinabete, abeto de Douglas o Douglas-fir; especie altamente sensible a cambios climáticos y con un rango latitudinal de distribución que cubre al menos 38° en el hemisferio norte (Herman y Lavander, 1990).

En México la especie se encuentra presente en poblaciones aisladas de bosque mixto de coníferas en micrositios húmedos y fríos de la Sierras Madre Occidental y Oriental, Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur (Martínez, 1963). El rodal ubicado más al sur con la presencia de esta especie se ubica en la Sierra Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, aunque existen rumores de que la especie pudiera estar presente en otros rodales ubicados todavía más al sur del estado (Acevedo, 1998). Los anillos de crecimiento anual de *Pseudotsuga menziesii* tienen dos bandas de crecimiento 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 más que se le 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 (Figura 4). Cada una de estas bandas de crecimiento está influenciada por condiciones climáticas distintas durante su

formación; así, la madera temprana responde a la precipitación estacional invierno-primavera y a la influencia de la fase cálida de ENSO, mientras que la madera tardía a la precipitación de verano y al efecto del fenómeno del Monzón de Norteamérica (Cleaveland, 1986; Stahle *et al.*, 2000).

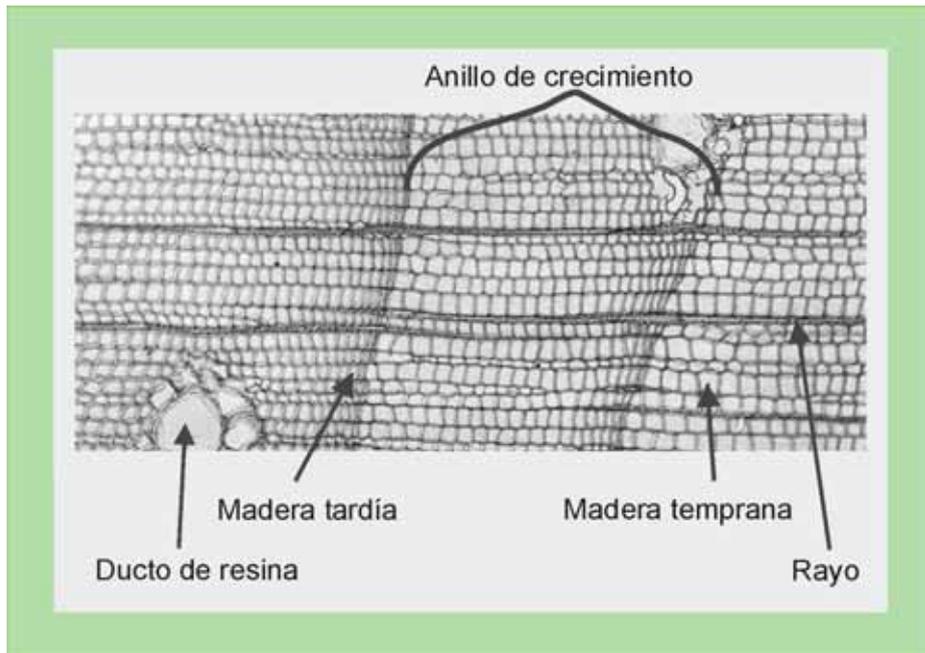


Figura 4. Esquematación de las estructuras de anillos de crecimiento de *Pseudotsuga menziesii*, donde se observa la madera temprana, tardía, ductos resiníferos y rayos.

La edad dominante de los especímenes de *Pseudotsuga* muestreados fluctúa entre 150 y 300 años y sólo tres sitios (El Cócono y Chiqueros, del municipio de Guanaceví, Durango y Bisaloachi, Chihuahua), ubicados en los límites de los estados de Durango y

Chihuahua, poseen individuos vivos con edades de 550 hasta 600 años y que posiblemente sea la edad máxima potencial que logren los individuos de esta especie en México, ya que a esta edad los árboles lucen con poco vigor, con ahuecamientos y pudriciones en el centro del fuste, presencia de resina y con daños provocados por descargas eléctricas, incendios y por barrenadores, muérdago y otro tipo de plagas (Figura 5). Gran parte de los árboles viejos de esta especie en algunos municipios de Guanacevi, Durango y El Vergel, Chihuahua, han sido afectados por plaga y removidos del bosque durante el año de 2006 para evitar la propagación de la plaga y también para darle algún uso a la 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 se observa la presencia de tocones con árboles que alcanzaron hasta 500 años de edad, antes de haber sido aprovechados, aunque en general es notable el predominio de árboles con menos de 300 años como es el caso de diversos rodales en Sierra de Arteaga (La Viga, El Coahuilón, El Morro, Pilares, Los Lirios), Sierra de Zapalinamé, Sierra de la Madera y Maderas del Carmen, Coahuila.

Cuadro 2. Edad estimada de árboles de ahuehuate en diversos sitios muestreados del centro y

| Nombre del sitio | Localización geográfica | Diámetro (cm) Rango | Edad (años) Rango |
|-------------------------------------|--|------------------------|----------------------|
| Cerralvo, N.L. | 26° 05' 00" N, 99° 37' 19" W; 1280 m | 58.7 a 360 | 37 – 497 |
| Raíces, Allende, N.L. | 25° 15' 21" N, 100° 00' 59" W; 530 m | 27.5 a 200 | 59 – 310 |
| Río San Juan, Santiago, N.L. | 25° 27' 00" N, 100° 05' 26" W; 1240 | 78.0 a 174.5 | 71 – 207 |
| Puente Cabezones, Linares, N.L. | 24° 59' 24" N, 99° 45' 10" W; 570 | 60.0 – 150.0 | 100 – 150 |
| Márgenes Río Nazas, Dgo. | 25° 27' 13" N, 103° 43' 39" W; 1100 m | 5.6 – 245.7 | 14 – 1350 |
| Márgenes Río Mezquital, Dgo. | 23° 32' 51" N, 104° 22' 13" W; 1620 m | 45.0 – 145 | 40 – 210 |
| Panales, Toluimán, Qro. | 20° 52' 43.5", 99° 59' 19.2"; 1672 m | 71.1 – 200.0 | 154 – 217 |
| Moctezuma, Qro. | 20° 52' 43.5", 99° 59' 19.2"; 1672 m | 72.0 – 165.0 | 154 – 196 |
| Barranca de Amealco, Qro. | 20° 20' 25", 100° 07' 21.5"; 1950 m | 70.0 – 210.0 | 250 – 1125 |
| Los Peroles, Rioverde, S.L.P. | 22° 11' 8" N, 99° 53' 56" W; 950 m | 69.8 – 210.0 | 166 – 1550 |
| Bosque de Chapultepec, México, D.F. | 19° 24' 00" N, 99° 11' 00" W; 2309 m | 45.7 – 227.0 | 80 – 830 |
| El Vado, Oaxaca | 16° 36' 04" N, 96° 54' 00" W; 1493 m | 60.0 – 230.0 | 100 – 575 |
| Jalpa, Zacatecas | 21° 40' 46" N, 102° 55' 25" W; 1430 m | 40.0 – 190.0 | 60 - 250 |



Figura 5. Árbol de *Pseudotsuga menziesii* de más de 500 años de edad, localizado en un rodal del ejido Chiqueros, Guanaceví, Durango.

Para el eje neovolcánico y otros macizos montañosos del centro y sur de México, la edad de los especímenes de *Pseudotsuga* presentes en algunos rodales de bosque mixto, como es el caso de Cuahutémoc La Fragua, Guadalupe Victoria, Puebla; Terrenate, Tlaxcala; Pinal de

Amoles, Querétaro; Huayacocotla, Veracruz y Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, no alcanzan los 400 años de edad, posiblemente debido a la presencia de condiciones más favorables para su desarrollo que a cierta edad del arbolado favorece pudriciones y con ello debilitamiento y muerte del árbol.

En la Sierra Madre Occidental el pino triste (*Pinus lumholtzii*) que se distribuye en elevaciones 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 (García y González, 2003). Esta especie alcanza edades que pueden superar los 300 años y tiene buen potencial dendrocronológico. Un mayor número de muestreos en el área de distribución de la especie es importante para definir las edades máximas que pueden alcanzar estos individuos, que aunque no son considerados de importancia maderable, sí son de alta sensibilidad a cambios climáticos y de gran relevancia en estabilizar sitios pobres y degradados, además de su papel esencial en los ecosistemas donde constituye el elemento dominante.

Otras coníferas longevas que sobrepasan los 400 años de edad son especies que habitan los límites bajos altitudinales de las serranías o piamontes, aunque también se localizan en sitios más elevados con exposiciones sur o sureste, donde las condiciones de insolación son mayores y se tiene mayor evaporación potencial. Una de estas especies es el pino piñonero (*Pinus cembroides*), del cual se han analizado individuos con más de 400 años procedentes del ejido Cuahutémoc en el área natural protegida «Zapalínámé»; individuos longevos de esta

especie también se han localizado en Sierra de Parras y Sierra de Jimulco, Coahuila (Figura 6). El pino piñonero en México es una de las especies más abundantes en los bosques de pino-encino o bien constituye masas puras, por lo que no se descarta la posibilidad de que existan sitios donde los individuos de esta especie superen los 500 años de edad. El pino piñonero es un elemento que promueve la biodiversidad de bosques de pino-encino, ya que su fruto (piñón) constituye el alimento principal de algunas especies de fauna silvestre y también es fuente de piñón para consumo directo o venta, leña, forraje y de otros productos no maderables para los habitantes de comunidades rurales que hacen uso de este ecosistema.



Figura 6. Especímen de pino piñonero (*Pinus cembroides*) en fructificación en un rodal de Sierra de Jimulco, Coahuila. Algunos árboles en este rodal tienen más de 400 años de edad.

El pino pincena (*Pinus pinceana*) es una especie de clima seco, que se asocia a pino piñonero en varios rodales de la Sierra Madre Oriental. Esta especie se distribuye desde Coahuila hasta el centro de Hidalgo. Es una especie climáticamente muy sensible, de lento crecimiento, que puede alcanzar hasta cerca de 300 años de vida. Individuos longevos de esta especie se han ubicado en diversos sitios de Coahuila y Zacatecas (Figura 7). Un estudio más completo de la estructura de sus poblaciones es importante para determinar el potencial de su longevidad.



Figura 7. Rodal de pino pincena (*Pinus pinceana*) en el ejido Norias, Cuatrociénegas, Coahuila. Árboles hasta de 300 años de edad se encuentran en este rodal.

El *Pinus hartwegii* es la especie arbórea que se desarrolla en las mayores elevaciones o límite de distribución de árboles en volcanes y áreas montañosas con elevaciones superiores a los 3,000 m, principalmente en el centro de México. En estos sitios, los suelos generalmente son de origen volcánico y morfológicamente poco desarrollados. No obstante lo anterior, individuos con más de 400 años se han ubicado en el Nevado de Colima (Biondi, 2001) y recientemente árboles hasta con más de 500 años se descubrieron en diversos rodales del Cofre de Perote, Veracruz.

La presión social que ejercen los asentamientos humanos por aprovechar estos rodales viejos es enorme, por lo que muchos árboles, especialmente los más viejos 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 (Figura 8).

Sin duda alguna una de las especie más interesantes en México por su larga vida y belleza escénica es el sabino o ahuehuete (*Taxodium mucronatum*). Los ahuehuetes son los árboles más corpulentos y longevos que existen en México. La palabra ahuehuete procede del Nahuatl, «*atl*» que significa agua y «*juegue*», viejo o abuelo o viejo del agua. Al ahuehuete se le considera el árbol nacional de México (Luque, 1921). Este árbol se encuentra distribuido prácticamente en todo el territorio nacional, siempre y cuando exista una fuente permanente o semipermanente de agua o en su defecto un manto freático muy

superficial, de ahí que esta especie se localice en riveras de ríos, manantiales, o en humedales prácticamente en toda la República Mexicana (Martínez, 1963).

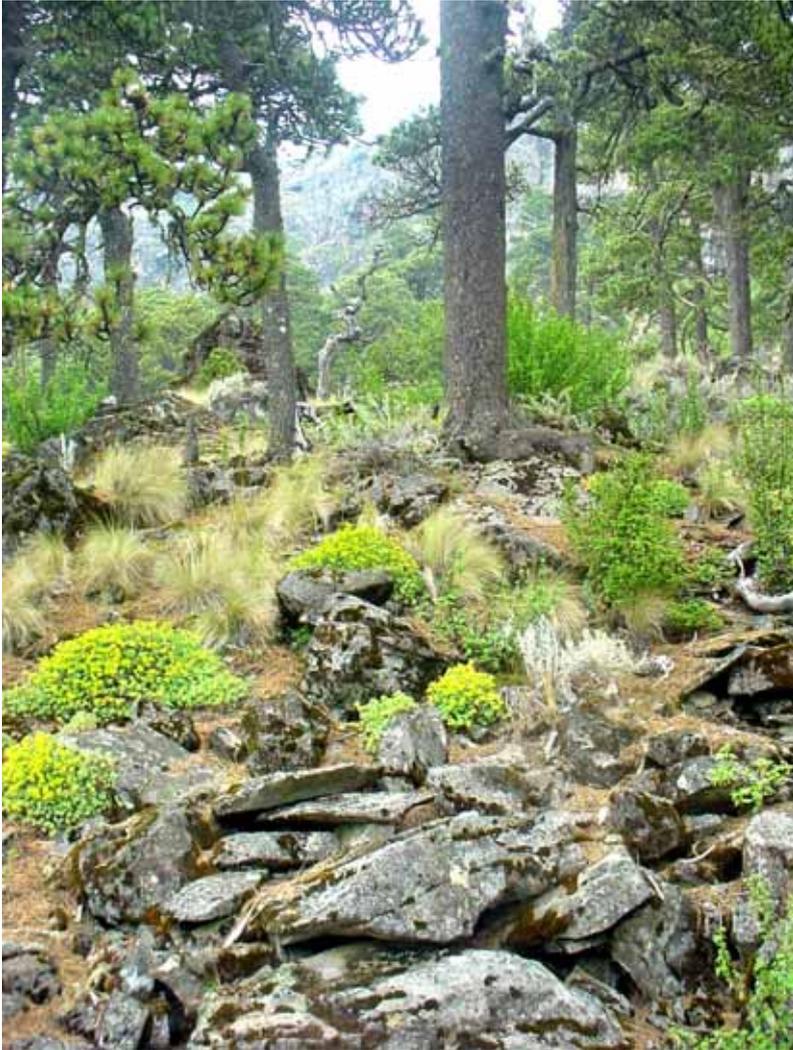


Figura 8. Rodal de *Pinus hartwegii* en el Cofre de Perote, Veracruz. Este rodal se ubica entre 3,800 y 4,000 m de elevación. Los árboles crecen directamente sobre el estrato volcánico y tienen una edad de 400 a 500 años. La tala clandestina ha eliminado muchos de estos árboles centenarios.

Los ahuehuetes han estado íntimamente ligados a la historia mexicana y algunos ejemplares se relacionan con hechos históricos, caso concreto es el «Árbol de la Noche Triste», donde según la historia, Hernán Cortés «El Conquistador», se sentó a llorar después de que su ejército había sido devastado a manos del imperio Azteca; este árbol actualmente muerto alcanzó un diámetro de 4.84 m y una edad aproximada a 550 a 600 años (Martínez, 1999).

Otros ahuehuetes 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 2000 años de edad) y que da vida económica, y es un ícono de identidad de todo un pueblo; de igual manera se encuentran los ahuehuetes del «Bosque de Chapultepec», plantados por reyes Aztecas y que representan un símbolo de nacionalidad; no de menor importancia histórica son los ahuehuetes del Parque Nacional «El Contador», ubicados cerca de la Cd. de Texcoco, en el estado de México. En este parque, durante el reinado de Netzahualcóyotl se plantaron más de 2000 ejemplares de esta especie, pero actualmente debido al abatimiento del manto freático y problemas de contaminación, la población original de árboles ha declinado considerablemente (Martínez, 1999).

Igualmente famoso es el 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, espécimen que está relacionado con actividades religiosas (Vargas, 1997); otro

árbol famoso es un ejemplar de ahuehuete de 25 m de altura y un diámetro de 3.9 m, localizado en Valle de Bravo y que ha estado íntimamente ligado al desarrollo cultural de ese pueblo, y que se le estima una edad de 650 a 700 años (Rivas y Moreno, 2005). Ahuehuetes famosos también se localizan en Cerralvo, Nuevo León; Muzquiz, Coahuila y en otros sitios de la República Mexicana (Vargas, 1997).

El género *Taxodium* (proviene de las raíces griegas *Taxus* = Tejo y *eidos* = parecido o semejante; es decir que se asemeja al árbol de Tejo, especie donde se extrae el «taxol», ingrediente activo con propiedades cancerígenas), generalmente se clasifica como una sola especie con dos variedades, todas nativas de Norte América, aunque diversos taxónomos lo separan en tres diferentes especies: *Taxodium distichum* (baldcypress o ciprés del sur), *Taxodium ascendens* (ciprés de los pantanos, distribuido en las costas del sureste desde Virginia a Florida y Luisiana, EUA) y *Taxodium mucronatum* (ahuehuete o sabino) que se distribuye desde el extremo sur de Texas, en gran parte de México y hasta el extremo oeste de Guatemala (Martínez, 1963; Little, 1971; Brown y Montz, 1986).

En México, *Taxodium mucronatum* se localiza desde 250 m en algunos sitios del estado de Nuevo León hasta elevaciones que superan los 2,500 m en el estado de México, y se le ha visto crecer hasta una elevación de 2,800 m en un sitio de la Sierra Gorda en Querétaro (Teresita del Rosario Terrones, comunicación personal), por lo que se

adapta a un amplio rango 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 específicos para determinar la edad de este ejemplar y en general de las poblaciones naturales de ahuehuetes en la República Mexicana son muy escasos. Estimaciones de edad de poblaciones de ahuehuete se han generado para sitios puntuales como el de «Los Peroles» en el estado de San Luis Potosí, donde se detectaron especímenes de ahuehuete con edades por encima del milenio (Villanueva *et al.*, 2003a) (Figura 9).

Para el caso de 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 especímenes ya muertos, como es el caso de «El Sargento». se indica que alcanzó una edad de 700 años.



Figura 9. Ejemplar de ahuehuete milenario con 1553 años de edad, localizado en el sitio Los Peroles, Rioverde, San Luis Potosí.

Otro sitio con individuos de ahuehuete milenarios se localiza en los bosques de galería de Barranca de Amealco, Querétaro (Figura 10) y en márgenes del río Nazas, Durango donde se han detectado individuos longevos con edades por encima del milenio (Villanueva *et al.*, 2005).

Las edades del ahuehuete en otros bosques de galería del país fluctúan de 37 a 497 años en algunos sitios del estado de Nuevo León, y hasta más de 1000 años en el estado de Querétaro, San Luis Potosí y Durango (Villanueva *et al.*, 2005). Uno de los problemas frecuentes para determinar la edad de esta especie es su tendencia a sufrir pudriciones y ahuecamientos en la parte central del tronco y ramas principales, daño que se ve favorecido por acciones antropogénicas (incendios provocados, cortaduras de ramas, heridas en tronco y ramas, contaminación de ríos por desechos urbanos e industriales, etc.) y en algunos casos por el golpeteo 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, en algunos casos reducen la probabilidad de obtener una aproximación más real de la edad del arbolado (Villanueva *et al.*, 2005).

No obstante lo anterior, dada la amplia distribución de esta especie en México, no se descarta la existencia de individuos milenarios en otros bosques de galería del país, especialmente en aquellos sitios

aislados, con poca influencia humana y en las que el arbolado ha sufrido poco disturbio antropogénico.



Figura 10. Ejemplar de ahuehuate localizado en un bosque de galería de Barranca de Amealco, Querétaro. Este árbol tiene cerca de 1200 años. El sitio es de gran importancia, ya que puede proporcionar información climática durante el establecimiento, florecimiento y decadencia de civilizaciones prehispánicas que habitaron el Valle de México.

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

La ubicación de ecosistemas con árboles viejos es un valor agregado que aunado a otras acciones de investigación, puede coadyuvar a fomentar áreas para su protección o bien, en aquellas áreas ya protegidas generar información científica que contribuya a un mejor entendimiento del funcionamiento del ecosistema mismo y de la influencia de variables hidroclimáticas a través del tiempo; asimismo, esta información es fundamental para el desarrollo de proyectos ecoturísticos que involucren en sus actividades recorridos a sitios con la presencia de árboles añejos.

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, estudios realizados en rodales específicos de bosques mixtos de la Sierra Madre Occidental, que constituyen sitios de anidamiento de la guacamaya serrana (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*), como es el caso de la Reserva Tutuaca, Maderas y Cerro Mohinora, Chihuahua; El Cócono, Chiqueros y otros rodales en el municipio de Guanaceví, Durango, indican que la protección del arbolado viejo en estas áreas aunado a la conservación de árboles muertos, que son fuente de protección y alimento de algunas aves, constituyen acciones importantes para el adecuado manejo de áreas protegidas (Fulé *et al*, 2005).

La información hidroclimática histórica derivada de los anillos de crecimiento de árboles longevos, aunado a estudios de frecuencia histórica de incendios en estos ecosistemas, fundamentan acciones de aplicación directa para restauración de ecosistemas y conservación de especies relicto como es el caso de *Picea chihuahuana* (Figura 11).



Figura 11. Ejemplar de *Picea chihuahuana* en Cerro Mohinora, Chihuahua. Esta es una especie relicto en México y estudios dendrocronológicos para reconstrucción de clima y frecuencia de incendios son importantes para diseñar estrategias para la conservación de esta especie.

Psuedotsuga menziesii es la especie más importante para estudios paleoclimáticos en el 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 se puede determinar la presencia de sequías, períodos húmedos y la influencia de patrones circulatorios. A este respecto, uno de los rodales más interesantes con *Pseudotsuga*, lo constituye el sitio Cuauhtémoc La Fragua, cerca del Pico de Orizaba. En este sitio se ha generado una cronología de más de 500 años, la cual está significativamente correlacionada con sequías 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 estos remanentes de ecosistemas de bosque mixto, que actualmente se encuentran en peligro de extinción debido al sobrepastoreo, tala ilegal, incendios provocados, aclareo para siembra de papa, avena y otros cultivos anuales. Estas áreas también constituyen fuente de producción de agua para el Valle de México y de la cual se abastecen directamente las poblaciones locales.

La reconstrucción de variables climáticas con especímenes arbóreos de *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus cembroides* en áreas naturales protegidas del estado de Coahuila como Maderas del Carmen y Zapalinamé o en proceso de declaración como Sierra de Jimulco, son de fundamental importancia en el conocimiento de la variabilidad hidroclimática y de su impacto en la dinámica de los ecosistemas presentes en cada área; información que a la vez es de aplicación práctica en la restauración de áreas degradadas, frecuencia de incendios y diseño de estrategias de manejo de los ecosistemas

presentes. De esta manera, se observan en los anillos anuales de pino piñonero de la Sierra de Jimulco la presencia de sequías severas en los períodos 1658-1668, 1803-1813, 1890-1899, 1946-1957 y 1998-2002 (Villanueva *et al.*, 2006) (Figura 12).

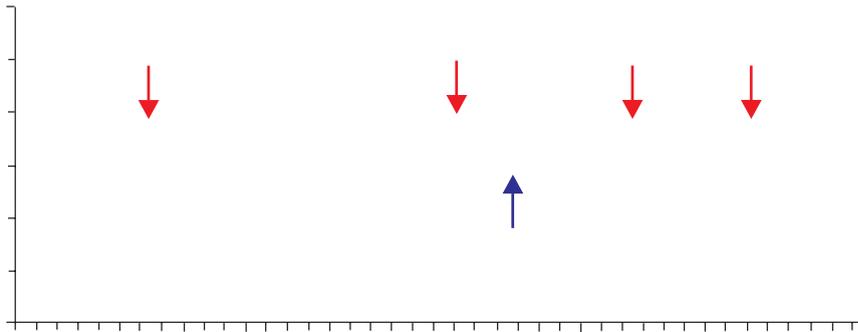


Figura 12. Precipitación estacional reconstruida (septiembre–abril) del período 1641–2002 para la sección media-baja del Río Aguanaval. La reconstrucción indica alta variabilidad climática a lo largo de 362 años de la serie de tiempo reconstruida. Una curva flexible (línea sólida oscura) se ha insertado a la reconstrucción estacional (línea sólida tenue) para resaltar eventos de baja frecuencia. La reconstrucción indica sequías severas en los períodos de 1658-1668, 1698-1705, 1761-1765, 1772-1775, 1785-1790, 1803-1813, 1819-1823, 1860-1863, 1890-1899, 1908-1910, 1916-1918, 1946-1957, 1971-1976 y 1998-2002. Un período húmedo se presentó de 1833 a 1837, aunque continuó prácticamente hasta 1850.

Los bosques de galería de ahuehuete son de los más llamativos pero también los que tienen el más alto grado de disturbio, principalmente debido a la contaminación de ríos producto de descargas industriales y desechos urbanos. No obstante la importancia ecológica que reviste el ahuehuete en términos de constituir áreas de belleza

escénica, favorecer la estabilización de cauces, constituir verdaderos microclimas y fomentar la biodiversidad de los bosques de galería en México, 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; 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, acción que ha modificado el comportamiento hidrológico de los sistemas riparios ocasionando la desaparición de árboles añejos de los cauces originales; por otra parte, el daño directo que se ha inflingido al arbolado mediante el corte de ramas, heridas en troncos o bien actos vandálicos que han derivado en incendios provocados o remoción del arbolado mismo para cambios de uso del suelo, ha ocasionado un daño irreparable en estos ecosistemas, por lo que urgen acciones que fomenten una cultura de valoración de esta especie y permitan la restauración de algunos de estos bosques de galería, otrora sitios de recreación y de orgullo nacional por su gran belleza escénica.

Estudios de estructura poblacional y ubicación de especímenes añejos son de fundamental importancia no solo para analizar el potencial

dendrocronológico de los individuos que lo conforman, si no también para determinar la dinámica de la especie, tasas de crecimiento y biodiversidad misma; 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.

Uno de estos sitios que amerita acciones urgentes de conservación lo constituye 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 aun detectados en México, y que además constituye un sitio de descanso de la mariposa monarca en su ruta de migración hacia el sur del país, al mismo tiempo, la presencia de manantiales profundos y de especies endémicas, forma un atractivo más para hacer de este sitio un lugar ecoturístico de prestigio nacional e internacional (Figura 13).

El uso actual del suelo de Los Peroles que es básicamente con fines de pastoreo caprino, equino y vacuno hace peligrar estos ejemplares que con frecuencia son afectados por incendios provocados, que se realizan para favorecer el rebrote del pasto aguja (*Spartina spartinae* Trin. & Merr.) que crece en el estrato herbáceo para que pueda ser posteriormente consumido por el ganado (Villanueva *et al.* 2003a).

La pérdida de individuos milenarios también lleva consigo la eliminación de un cúmulo de información paleoclimática depositada a

través de los siglos en los anillos de crecimiento, destrucción de un pool genético y de su interrelación con los factores bióticos y abióticos con los cuales estos individuos han tenido estabilidad ecológica a través de los siglos. Acciones de exclusión del área en su totalidad o de protección directa de los organismos más longevos pueden contribuir directamente a su conservación.



Figura 13. Rodal de ahuehuetes centenarios y milenarios en el sitio Los Peroles, Rioverde, San Luis Potosí. Este sitio además de poseer los árboles conocidos más viejos en México, es un sitio de estancia temporal de la mariposa monarca en su ruta de migración hacia el sur de México. Especies endémicas de plantas y peces también son comunes en esta área, lo que le hace un fuerte candidato para fines de conservación.

La ubicación de transectos con arbolado de ahuehuate longevo en márgenes del Río Nazas es importante para fomentar acciones de conservación, ya que este bosque de galería es el más cercano al que

puede tener acceso la población de la Región Lagunera de Coahuila y Durango, por lo que existe un gran interés de organizaciones no gubernamentales y estatales, así como de los departamentos de ecología municipales en ambos estados para proteger este ecosistema. Parajes con arbolado viejo en los márgenes del Nazas se ubicaron en sitios de poca accesibilidad al humano, generalmente flanqueados por barrancas y comparativamente apartados de poblaciones rurales y urbanas, situación que minimiza el efecto antropogénico (Figura 14).

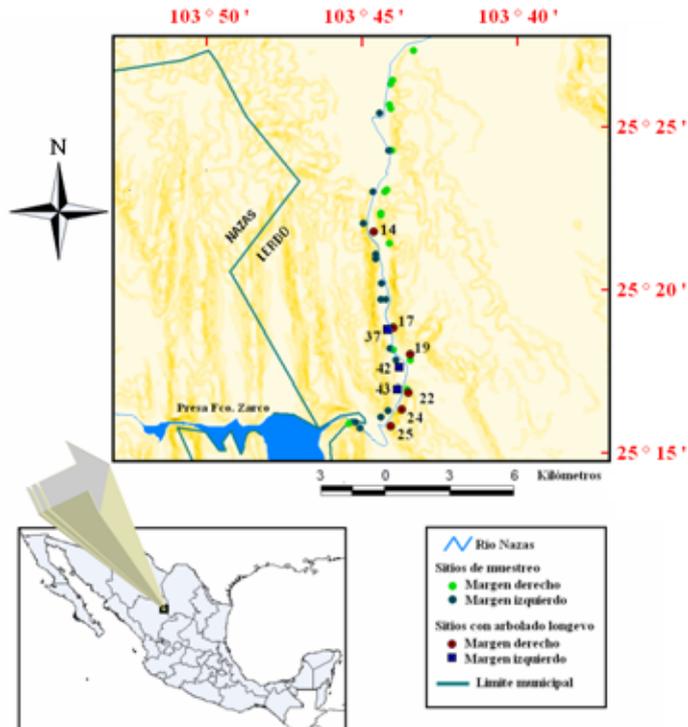


Figura 14. Distribución de arbolado de ahuehuete en transectos ubicados en las márgenes del Río Nazas, Durango. Los árboles más longevos se ubican en sitios aledaños a barrancas, de difícil acceso y generalmente más retirados de asentamientos humanos. Para el presente estudio estos sitios se ubicaron en los transectos 17, 19, 22, 24, 25, 37, 42 y 43.

Actividades mineras que han provocado la muerte masiva del ahuehuete en grandes transectos de la rivera del Río Sabinas, Coahuila, al generar cambios en el gradiente hidráulico de la circulación del flujo, indican que los árboles estuvieron sujetos por varios años a una limitada disponibilidad de agua antes de morir (Figura 15). Acciones de reforestación de las márgenes de este río, después de haberse estabilizado el flujo natural de agua es importante para su regeneración. Acciones legales que prohíban la explotación de minas de carbón o de otro tipo de minerales en sitios aledaños a los cauces de corrientes permanentes, puede contribuir también a minimizar el impacto de estas actividades en los ecosistemas riparios.

La conservación de sitios con la presencia de árboles milenarios de ahuehuete como es el caso de la Barranca de Amealco en el estado de Querétaro y de otros sitios en el centro y sur de México, constituye un verdadero reto para las agencias de conservación. Estudios de dinámica poblacional y dendrocronológicos pueden aportar información técnica y científica que coadyuve a implementar medidas para su conservación y restauración. Los ahuehuetes de Barranca de Amealco, Querétaro son muy sensibles a la precipitación que ocurre en la época de verano, por lo que 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 de estos ecosistemas, constituyen elementos esenciales que son importantes resaltar y difundir y que pueden contribuir a generar acciones que fomenten la conservación de estos ecosistemas únicos de México.

La ubicación de ecosistemas con la presencia de árboles longevos en México es un proceso incipiente, y el trabajo de investigación a realizar es enorme, especialmente si se considera que árboles que logran muchos años de vida como el ahuehuete se encuentra presente prácticamente en todo el territorio nacional.

Una situación similar ocurre con el pino piñonero, especie con muy amplia distribución en el norte-centro de México. Por otra parte, no se ha iniciado el trabajo de caracterización de formación de anillos de crecimiento anual de diversas especies de climas templados, semidesérticos y tropicales. El personal, tiempo y recursos económicos requeridos para desarrollar dicha investigación es mayúsculo; sin embargo, hasta el momento, el avance obtenido en este aspecto es significativo y se seguirá trabajando en este rubro para ubicar ecosistemas y especímenes centenarios y milenarios para fines de conservación.



Figura 15. Árboles muertos de ahuehuate en una sección del río Sabinas, Coahuila. Los árboles murieron debido a que por varios años el agua no circuló en el río, lo cual fue provocado por la creación de un gradiente hidrológico al perforar grandes orificios aledaños al río para la extracción de carbón mineral. El agua llenó primero las oquedades de la explotación minera y hasta que se estabilizó el gradiente el agua volvió a su curso natural, pero ya cuando muchos árboles habían muerto.

Conclusiones

La conservación de ecosistemas con la presencia de arbolado viejo resulta estratégico, ya que estos 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, estudios de este tipo son

muy escasos en México, de ahí que sea importante difundir el conocimiento generado hasta el momento relacionado con la ubicación de ecosistemas con la presencia de organismos centenarios y milenarios. El ahuehuete es la especie más longeva y se determinó que en la región centro–norte de México se pueden ubicar especímenes con más de 1500 años de edad y es común observar individuos que sobrepasan los 300 años de antigüedad, especialmente en los estados de Nuevo León, Durango, Querétaro, San Luis Potosí y Oaxaca. El abeto Douglas, conífera de elevaciones 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 de circulación atmosférica global que afectan el territorio nacional, caso específico el Niño Oscilación del Sur y el Monzón de Norteamérica (Stahle *et al.*, 1998). Sin embargo, el aprovechamiento forestal de estos ecosistemas de montaña, presencia de sequías y ataque de plagas ha provocado la desaparición de muchos rodales antiguos donde se encuentra la especie, por lo que estudios de este tipo pueden contribuir a formular planes de manejo para su conservación.

La generación de nuevas cronologías y algunas otras en proceso de desarrollo, con la inclusión de especies como pino piñonero que habitan sitios más áridos que el resto de las coníferas, puede enriquecer la información paleoclimática existente y contribuir con mayor

información para un mejor entendimiento de la variabilidad hidroclimática en el norte-centro de México.

La ubicación de organismos centenarios y milenarios es primordial y es un elemento adicional que fundamenta acciones para la protección y restauración de ecosistemas; proyectos ecoturísticos y conservación de la biodiversidad.

Agradecimientos

Esta investigación fue posible gracias al financiamiento otorgado a través de los proyectos «Bosques centenarios del centro-norte de México y su potencial para estudios dendroclimáticos y ecológicos» (CONAFOR-2002-C01-5037) y «Variabilidad climática presente, pasada y futura en las Américas con árboles en bosques de altura» (IAI CRN03).

Referencias

- Acevedo R., R. 1998. Estudio sinecológico del bosque de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *oaxacana* Debreczy & Rácz, en la zona de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, México. Tesis Profesional de Ingeniero Forestal. Chapingo, texcoco, Edo. De México. 105 pp.
- 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. Montz. 1986. Baldcypress: the tree unique, the wood eternal. Claitor's Publishing Division, Baton Rouge, LA. 139 pp.
- Carranza, E. 1992. Taxodiaceae. En: 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.
- Fritts, H.C. 1976. Tree rings and climate. London Academic Press. 567 pp.
- 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.
- García A., A. y S. González E. 2003. Pináceas de Durango. Instituto de Ecología, A.C. Veracruz, Méx. 187 pp.
- Hermann, R.K., D.P. Lavander. 1990. «*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, Douglas-fir» in Burns, R.B., Honkala, B.H. (technical coordinators), *Silvics of North America: 1. Conifers* (Agriculture Handbook 654), U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C.

- 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.
- Little, E.L. Jr. 1971. Atlas of the United States trees, Volume 1, conifers and important hardwoods. Miscellaneous publications 1146, 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.
- Martínez, A. 1999. El Ahuehuete. Biodiversitas 5(25): 12 – 14.
- Rivas M., F. Moreno. 2005. Un árbol mágico en Valle de Bravo. Arbórea 7(12-13): 51-52.
- SEMARNAT. Dirección General de Estadística e Información. 2000. Cifras sobre la deforestación en México. <http://www.semarnat.gob.mx/produccion/rec-forestales/inv3.shtml>
- 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-Diaz, 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, pp. 285-306.
- Stokes, M. A. and T. L. Smiley. 1968. An introduction to tree-ring dating. The University of Chicago Press.

- 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.
- 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. *Ciencia Forestal* 28 (94): 57 – 79.
- _____. D. W. Stahle, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland, F. Camacho Morfín, P. Nuñez 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.
- _____. 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. En: Benavides S. J., Becerra L. F., Hernández T. T., González S. C., Flores G. G. (editores). *Contribución al estudio de los servicios ambientales. Libro Técnico No. 1. INIFAP CIRPAC. Guadalajara, Jalisco. Pp. 7-32*
- _____. 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. 44 pp.*

Comité Editorial del **CENID-RASPA**

Presidente: Dr. José Antonio Cueto Wong

Secretario: Ing. Raquel Anguiano Gallegos

Vocales: Dr. Ignacio Orona Castillo

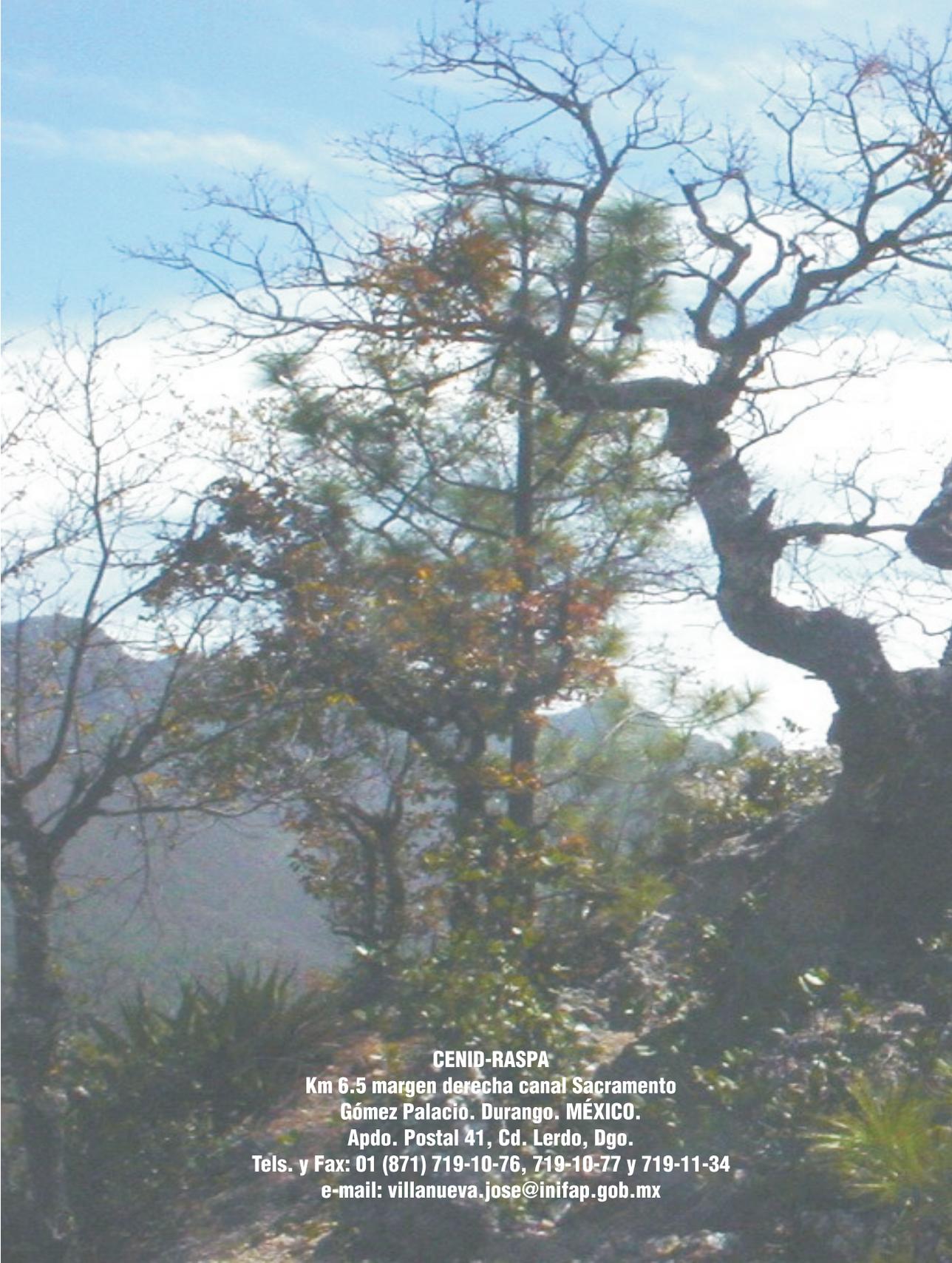
Dr. Guillermo González Cervantes

Edición Técnica

Dr. Guillermo González Cervantes

Esta publicación se terminó de imprimir en el mes de
noviembre del 2006 en los talleres del Grupo Colorama
de Torreón, Coahuila.

Su tiraje consta de 500 ejemplares



CENID-RASPA

Km 6.5 margen derecha canal Sacramento

Gómez Palacio. Durango. MÉXICO.

Apdo. Postal 41, Cd. Lerdo, Dgo.

Tels. y Fax: 01 (871) 719-10-76, 719-10-77 y 719-11-34

e-mail: villanueva.jose@inifap.gob.mx