

CENID-RASPA

Muestreo Dendrocronológico: colecta, preparación y procesamiento de núcleos de crecimiento y secciones transversales

**Dr. José Villanueva Díaz
M. C. Julián Cerano Paredes
Ing. Vicenta Constante García
M. C. Luis Enrique Montes González
Dr. Lorenzo Vázquez Selem**

ISBN: 978-607-425-141-8

Folleto Técnico 13

Gómez Palácio, Dgo.

Mayo del 2009

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

**SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN**

Ing. Alberto Cárdenas Jiménez
Secretario

Ing. Francisco López Tostado
Subsecretario de Agricultura

Ing. Antonio Ruiz García
Subsecretario de Desarrollo Rural

Lic. Jeffrey Max Jones Jones

Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y
PECUARIAS**

Dr. Pedro Brajcich Gallegos
Director General

Dr. Enrique Astengo López
Coordinador de Planación y Desarrollo

Dr. Salvador Fernández Rivera
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Lic. Marcial A. García Morteo
Coordinador de Administración y Sistemas

**CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA RELACIÓN AGUA-
SUELO-PLANTA-ATMOSFERA**

Dr. José Antonio Cueto Wong
Director del CENID-RASPA

**Muestreo Dendrocronológico:
colecta, preparación y procesamiento de
núcleos de crecimiento y secciones
transversales**

**Dr. José Villanueva Díaz
M.C. Julián Cerano Paredes
Ing. Vicenta Constante García
M.C. Luis Enrique Montes González
Dr. Lorenzo Vázquez Selem**

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Av. Progreso No. 5
Barrio de Santa Catarina,
Delegación Coyoacán,
04010 México, D. F.
<http://www.inifap.gob.mx>

ISBN: 978-607-425-141-8

Primera Edición 2009

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Presentación

Los estudios dendrocronológicos en México son relativamente recientes, pero se han diseminado de manera rápida a nivel regional, nacional e inclusive internacional, derivado del establecimiento del primer laboratorio de Dendrocronología en México con sede en el CENID RASPA en Gómez Palacio, Durango.

A partir del año 2002 se inició con un proceso acelerado en la obtención de núcleos de crecimiento (virutas, incrementos) y de secciones transversales (rodajas) de diversas especies arbóreas con producción de anillos de crecimiento anual, con el fin de generar series de tiempo dendrocronológicas avocadas a la reconstrucción de variables climáticas, regímenes de incendios y dinámica de especies dominantes en ecosistemas de bosque de galería. El inicio de este proceso no fue nada fácil debido al desconocimiento que se tenía de las especies involucradas, en términos de obtener el material adecuado que cumpliera cabalmente con los estándares de calidad requeridos para el desarrollo de las cronologías altamente sensibles a las variables estudiadas. Después de siete años de iniciado este proceso, el personal involucrado en este tipo de estudios, ha amalgamado un cúmulo de experiencias tanto en la obtención y procesamiento de muestras como en la

generación de series dendrocronológicas con las especies climáticamente más sensibles distribuidas particularmente en el norte y centro de México.

En el presente documento se vierte esta serie de experiencias adquiridas, las que se consideran de gran ayuda para facilitar el aprendizaje de las técnicas dendrocronológicas, particularmente para aquellos técnicos, profesionistas en el ámbito de los recursos naturales, investigadores y público en general que deseen incursionar en esta área del conocimiento.

Dr. José Antonio Cueto Wong
Director del CENID RASPA INIFAP

Contenido

Introducción	1
Selección del sitio	3
Obtención de núcleos de crecimiento o virutas y secciones transversales o rodajas	6
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	6
<i>Taxodium mucronatum</i>	18
<i>Pinus cembroides</i>	23
<i>Pinus pinocæana</i>	25
<i>Pinus culminicola</i>	27
<i>Pinus lumholtzii</i>	28
<i>Pinus arizonica</i> , <i>Pinus duranguensis</i> , <i>Pinus rudis</i> , <i>Pinus hartwegii</i> , <i>Abies religiosa</i> y otras coníferas	30
Latifoliadas (<i>Carya illinoensis</i> , <i>Quercus spp.</i> , <i>Alnus</i> , diversas especies tropicales)	31
Limpieza y mantenimiento de los taladros	33
Montado de núcleos de crecimiento	35
Colecta de muestras con cicatrices de incendios	36
Material y seguimiento para el acabado de secciones transversales de madera	41
Conclusiones	44
Agradecimientos	45
Literatura consultada	46

Introducción

La dendrocronología o fechado exacto de la formación de las capas de crecimiento (anillos anuales) de árboles en el tiempo se fundamenta en principio en una adecuada obtención de núcleos de crecimiento (virutas o incrementos) y de secciones transversales (rodajas) de árboles vivos y muertos. Sin una obtención adecuada de material dendrocronológico, el proceso de preparación de las muestras y su posterior fechado se dificulta, a tal grado de que incrementa el tiempo de trabajo, disminuye la calidad del mismo o hace imposible su fechado. Una colecta mal ejecutada implica pérdida de tiempo, horas hombre y de recursos económicos invertidos, de ahí que la obtención adecuada de muestras de árboles constituye una de las etapas básicas para desarrollar con éxito series de tiempo dendrocronológicas de alta calidad y que puedan ser relacionadas adecuadamente con procesos climáticos, ecológicos, hidrológicos, eventos geológicos, presencia de brotes epidémicos, etc.

La selección del arbolado apropiado que posea la señal climática o biológica buscada no garantiza de ninguna manera el éxito en la generación de cronologías de anillos de árboles; esto debe ir aparejado con una adecuada toma de muestras en cantidad y calidad, captura en campo de información relevante de cada espécimen muestreado y del sitio en general y posterior procesamiento del material en el laboratorio, actividad que también debe realizarse con el mayor cuidado posible para resaltar con

nitidez las estructuras de crecimiento y facilitar su fechado al año exacto de su formación.

Este Folleto Técnico tiene como objetivo plasmar las experiencias que en términos de muestreo de núcleos de crecimiento y de secciones transversales, su montaje y procesamiento en laboratorio ha generado el Laboratorio de Dendrocronología del INIFAP CENID RASPA en los últimos siete años para diversas especies colectadas, particularmente de bosques templados. Parte de esta información deriva de técnicas existentes en textos de dendrocronología clásicos, pero mucha de ella es también producto de la experiencia obtenida a consecuencia de los múltiples muestreos realizados por personal del INIFAP, así como en colaboración con investigadores nacionales e internacionales en la obtención de muestras para estudios climáticos, ecológicos, geomorfológicos y de reconstrucción de incendios con especies presentes en diversos ecosistemas del país e inclusive en el extranjero.

La información aquí plasmada de ninguna manera pretende ser una «receta de cocina» que deba seguirse al pie de la letra; más bien la idea es que sirva como una guía metodológica que facilite el proceso de muestreo, montaje y lectura de anillos de crecimiento. La experiencia previa que pueda tener el usuario en colectas con fines dendrocronológicos, que aunada a la información aquí proporcionada y la que se pueda adquirir con nuevos muestreos, se espera facilite e incremente la probabilidad de éxito en la colecta y procesamiento de material y que

coadyuve a la generación de cronologías de anillos de árboles de alta calidad.

Selección del sitio

La selección del sitio será función de los objetivos planteados en el estudio, así por ejemplo, cuando se quiere maximizar la señal climática se busca arbolado que se ubique en sitios de ladera (árboles sensibles), con suelo pobre y poco profundo, donde la disponibilidad de agua para el crecimiento de los árboles dependa exclusivamente del agua de lluvia almacenada en el perfil del suelo y que no tenga aportaciones en forma de escurrimientos de otros sitios aledaños. Los árboles deben haber sufrido el menor disturbio posible (incendios, ataque de plagas y enfermedades, aprovechamiento forestal, daños físicos por corte de ramas, heridas producidas por animales al consumir el tejido vascular, etc.), de tal manera que factores ajenos al clima (ruido) tengan una menor influencia en su crecimiento anual y se maximice la señal de la variable climática buscada (Fritts, 1976) (Figura 1). De otra manera, cuando el objetivo es definir sitios con mejor crecimiento de la especie (buena calidad de sitio) se busca seleccionar individuos ubicados en lugares con suelos profundos, ricos en materia orgánica y de buena fertilidad; en este caso, el crecimiento de los árboles estará limitado en menor proporción por factores climáticos, mientras que otros factores bióticos y abióticos entrarán en juego y pueden desempeñar un papel más importante y llegar a ser

limitantes para su crecimiento. En este contexto, los árboles generalmente producen crecimientos grandes, con poca variación en el grosor de los anillos de un año al siguiente, condición que en dendrocronología se conoce como árboles complacientes, es decir, sin variaciones significativas en su crecimiento interanual y, finalmente, si el objetivo es reconstruir los regímenes históricos de incendios se seleccionarán áreas donde se localicen individuos con el mayor número posible de cicatrices de incendios que permita conocer su frecuencia en el tiempo.

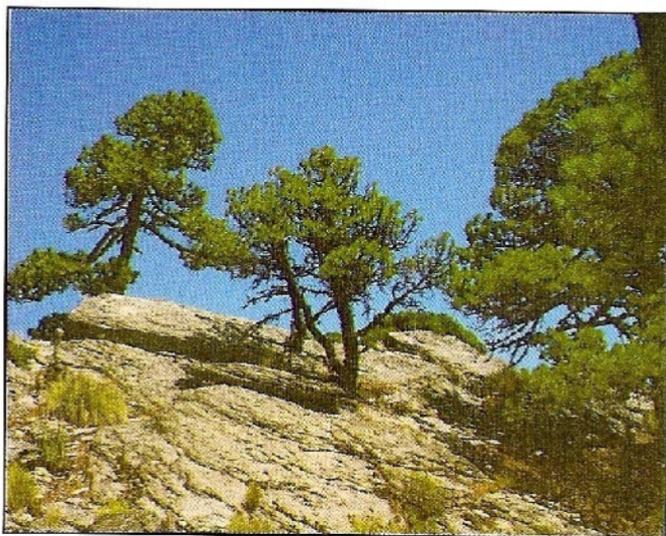


Figura 1. Los árboles ubicados en sitios pobres, suelos someros y con poco disturbio antropogénico son los más apropiados para estudios del clima, donde el crecimiento de las especies muestreadas dependan directamente de la precipitación, sin que haya aportes adicionales de agua de sitios aledaños, presentando una alta variabilidad en el grosor de los anillos (árboles sensibles).

Para la ubicación del sitio se debe hacer uso de diversas fuentes como es cartografía, imágenes satelitales: información de los ejidatarios, asociación de productores forestales, pequeños propietarios, instituciones gubernamentales, prestadores de servicios forestales, listados florísticos, estudios taxonómicos, etc. La información anterior aunada a una exploración previa del sitio permitirá elegir el mejor rodal y los especímenes idóneos acorde a los objetivos del estudio.

Dado que gran parte de los estudios dendrocronológicos en México se han avocado al desarrollo de reconstrucciones históricas de variables climáticas, principalmente precipitación, en este trabajo se realizará una descripción más detallada de la obtención de muestras de las especies más usadas con este propósito. De igual manera se enfatizará la toma de muestras para reconstrucciones históricas de incendios, ya que esta área constituye un campo de gran importancia científica para acciones de manejo y restauración del fuego en ecosistemas que históricamente evolucionaron con este fenómeno, particularmente bosques mixtos del norte y centro de México.

Obtención de núcleos de crecimiento o virutas y secciones transversales o rodajas

Pseudotsuga menziesii.

Dentro de las especies más utilizadas por el INIFAP para estudios dendroclimáticos se encuentra el abeto Douglas, también conocido como ayarín, cahuite, pinabete, pino ocote, pino de Oregon o Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.); es una especie de bosques templados presente en elevaciones superiores a 2,300 m, aunque es más común entre 2,600 y 3,100 m de elevación en sitios de las Sierras Madre Occidental, Oriental, Eje Neovolcánico y Sierra de Oaxaca (Martínez, 1963; Rzedowski, 1986; Herman y Lavander, 1999; Villanueva *et al.*, 2008). El abeto Douglas es una especie muy sensible a la variabilidad de la precipitación y por ello es de amplio uso dendrocronológico en México y otras partes del mundo donde la especie se encuentra presente (Stahle *et al.*, 2000, Cleaveland *et al.*, 2003) (Figura 2).

La obtención de núcleos de crecimiento o virutas del abeto Douglas con fines dendroclimáticos requiere que de los árboles seleccionados se obtengan de dos a tres incrementos e inclusive cuatro, particularmente cuando se presume que los árboles son muy viejos; no obstante lo anterior, es importante también incluir de un 15 a 20 por ciento de individuos jóvenes en el muestreo, ya que de esta manera se asegura y facilita fechar el período más reciente de la vida del árbol, debido a que los árboles jóvenes

presentan anillos más grandes y más fáciles de distinguir, mientras que los de árboles maduros o viejos producen anillos muy estrechos que se compactan en la parte reciente de su crecimiento debido a restricciones geométricas de superficie de fuste y cuestiones biológicas, que implica que el crecimiento radial disminuya con la edad al distribuirse su crecimiento en una superficie basal mayor (Fritts, 1976; Schweingruber, 1996).

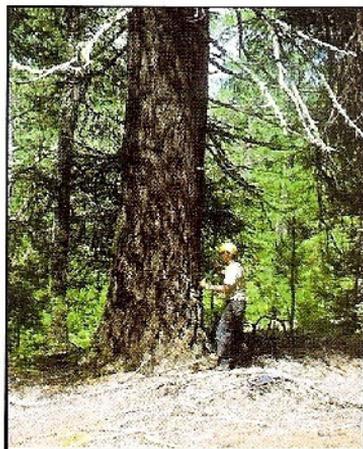


Figura 2. Obtención de núcleos de crecimiento, virutas o incrementos de un ejemplar de *Pseudotsuga menziesii*. Los núcleos de crecimiento generalmente se obtienen a la altura del pecho y el taladro se debe introducir lo más perpendicular posible al fuste.

Los núcleos de crecimiento se obtienen con un taladro de Pressler de diversas dimensiones (14 a 24 pulgadas, 36 a 61 cm; diámetro interno de broca de 5.15 mm y de tres cuerdas) y las perforaciones se realizan generalmente a la altura del pecho, es adecuada de igual manera la toma de muestras a diferentes alturas (10, 20,

30 centímetros, etc.); lo importante es obtener una muestra de calidad, el taladro debe presentar una orientación perpendicular al fuste, situación que facilita su obtención y asegura tener una representación real de los crecimientos anuales, ya que cuando el taladro se introduce inclinado los crecimientos se distorsionan, lo cual es indeseable para cuantificar adecuadamente el incremento anual en crecimiento radial (Jozsa, 1988) (Figura 3).



Figura 3. Taladros de Pressler de diversas longitudes empleados para la obtención de núcleos de crecimiento. Dependiendo del diámetro de fuste de las especies a muestrear se podrán emplear taladros desde 14 hasta 28 pulgadas (35.6 a 71.1 cm) de extensión y brocas o barrenas de diámetro interno de 5.15 a 12 mm y de dos a tres cuerdas.

Las muestras deben extraerse de un punto sólido del fuste, y para su ubicación se puede utilizar un martillo con terminación de plástico o de acero. Un martillo de

plástico es mejor para este propósito, ya que su peso ligero facilita su traslado de un sitio a otro; aunque un martillo de acero, de mayor peso, permite identificar con mayor facilidad una parte sólida en el fuste, porque al golpear el tronco y en función a su sonido se puede ubicar la parte sólida a perforar, ya que un punto en el fuste con problemas de pudrición emite un sonido hueco, mientras que un punto sólido emite un sonido más fino y sonoro.

Cuando se taladra un árbol y en el radio se pasa por un punto con problemas de pudrición, la barrena deja de penetrar y empieza solo a girar; en ese momento se debe detener la acción de barrenar el árbol y se procede a la extracción incompleta de la muestra, ya que si se continúa girando, la madera en descomposición se irá acumulando y compactando en el interior del cilindro de la barrena hasta formar un tapón sólido imposible de extraer con la bayoneta (extractor, cuchara). En estos casos se recomienda colocar nuevamente el taladro en el orificio previamente perforado y poco a poco con el extractor tratar de liberar porciones del tapón; si a pesar de este esfuerzo la barrena sigue atascada es preferible dejar el tapón dentro de la barrena y permitir su secado natural a temperatura ambiental. Es importante recalcar que por ningún motivo se debe utilizar el extremo de la bayoneta o extractor, navaja o algún objeto de acero punzante para liberar de la barrena una porción de madera atascada, ya que esto dañará irremediabilmente la parte cortante de la barrena, que es la más cara de las partes del taladro.

Para el caso de que se opte por dejar la porción de madera atascada en la barrena, después de una o dos semanas y con la pérdida de humedad, la madera se contrae y en ese momento se puede facilitar el destape de la barrena para su uso posterior. Este procedimiento también se agiliza si el tapón se impregna con aceite WD40 u otra marca similar.

Cuando la barrena penetra en madera sólida sin problemas de pudriciones y se obtiene un radio sano que incluye el centro del árbol (anillo interno), para extraer la muestra se desliza la cuchara, extractor o bayoneta boca arriba (canal hacia arriba), de tal manera que la muestra quede insertada en el canal de la misma y luego se procede a girar la barrena en sentido contrario a las manecillas del reloj; de esta manera el taladro irá saliendo paulatinamente y para facilitar este proceso, durante cada giro del maneral se realiza un jalón hasta sentir que el taladro va caminando hacia fuera sin mucha resistencia. Antes de sacar la barrena del árbol se jala el extractor que con los dientes al final permiten coleccionar la muestra.

Es importante tener preparado el popote (previamente sellado en uno de sus extremos) donde se almacenará la viruta (Figura 4). La parte de la viruta que se debe introducir primero en el popote es la parte exterior que contiene la corteza, el popote se deslizará lentamente sobre la muestra y conforme se vaya sacando el extractor, la muestra va siendo almacenada hasta quedar completamente insertada en el popote; este procedimiento

permite que aun si la viruta se encuentra seccionada se almacene correctamente; de otra manera, si se saca completamente la muestra sin colocarla en el popote se corre el riesgo de que alguna porción seccionada se desprenda, caiga al suelo y que la viruta quede incompleta. Cuando la muestra es larga y continua, se pueden pegar de dos o más popotes, de tal manera que se ajuste al tamaño del incremento.

Una vez que la viruta queda ajustada al popote se sella el extremo abierto; este procedimiento puede realizarse con un encendedor o bien utilizar una porción de masking tape.

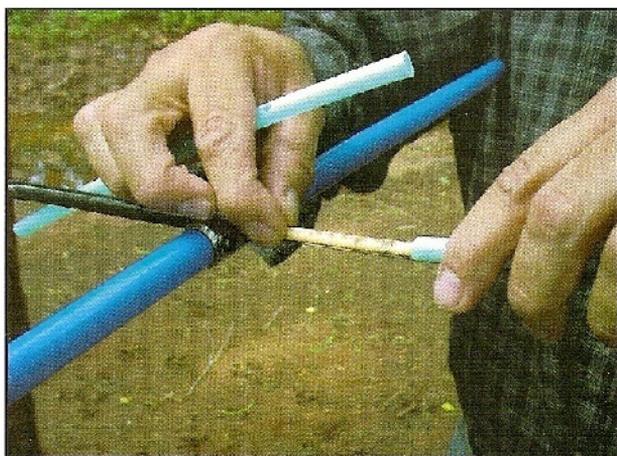


Figura 4. El núcleo de crecimiento se inserta en un popote previamente perforado. El popote sellado en uno de sus extremos se desliza de la corteza hacia el anillo interno, al final del popote éste se vuelve a sellar. En caso de que la porción de popote sobrante sea muy larga se corta, de tal manera que la muestra no tenga juego dentro del mismo y sufra daños.

Los popotes de plástico antes de utilizarse deben perforarse en su perímetro; este proceso se puede hacer con tijeras, con las que se hacen orificios de aproximadamente 5 mm de diámetro distribuidas en la periferia y a lo largo del popote para facilitar su rápido secado, evitar pudriciones y que se tuerzan. Cuando los núcleos se tuercen se pueden enderezar manualmente exponiéndolos directamente en un vaporizador; acción que incrementa la humedad de la muestra y permite manipularla y flexionarla para corregir la torcedura, de tal manera que nuevamente las traqueidas (componentes celulares de las coníferas) queden en posición vertical (como se vería en un corte transversal); para que una muestra sea montada correctamente ésta debe presentar las traqueidas en posición perpendicular a los anillos de crecimiento.

Cada una de estas muestras lleva inscrita la clave del sitio (compuesta por tres letras, que pueden ser las primeras letras del nombre del rodal, de un lugar conocido, del poblado más cercano, etc.), junto a la clave se escribe el número de árbol muestreado; el número de muestras tomadas se identifican con letras (A, B, C, D, etc.) y orientación (N, S, E, O, NE, NO, SE, SO), luego la fecha de colecta y complementado con datos adicionales del árbol muestreado, como puede ser coordenadas, elevación, presencia de incendios, pudriciones, daño por descargas eléctricas, presencia de daños físicos, ataque de plagas y enfermedades, cortadura de ramas, remoción de arbolado adjunto por aprovechamiento forestal, ubicación física del

árbol (arroyo, camino, cañón, planicie, hondonada), etc. Las muestras colectadas se colocan en un tubo de plástico, como los usados para transportar mapas, lo cual evita que se extravíen, rompan y facilita su traslado dentro del área de colecta y transporte al laboratorio (Figura 5).



Figura 5. Los popotes con las muestras se guardan en un tubo de plástico para facilitar su traslado en campo y al sitio de procesamiento.

El número de árboles a muestrear por sitio es variable dependiendo de la sensibilidad de la especie y en particular de la forma en que ésta desarrolla los crecimientos anuales (crecimientos no concéntricos, anillos dobles, etc.); no obstante un buen tamaño de muestra implica colectar entre 50 y 60 árboles; es decir, entre 150 a 180 radios. Es pertinente indicar que es común descartar en ocasiones hasta más del 70 por ciento de los núcleos de crecimiento obtenidos originalmente, debido a

problemas de fechado a consecuencia de crecimientos irregulares, problemas de pudriciones, partes de la viruta muy seccionadas, secciones perdidas al momento de montarlas o de extraer la muestra, torceduras de las muestras durante su secado, etc.

En el sitio de muestreo también se colectan secciones transversales (rodajas) de árboles muertos, tocones de aprovechamientos previos, material subfósil (semienterrado) o completamente enterrado, lo cual permitirá extender en el tiempo las cronologías de árboles vivos. El procedimiento de extracción de secciones se realiza con motosierra de diversos tamaños de barra según el diámetro de la sección a obtener; el grosor recomendado para las secciones colectadas es de aproximadamente dos pulgadas (5 cm) (Figura 6).

Debido al peso de las rodajas cuando se obtienen completas, el acarreo en campo y transporte al laboratorio se dificulta; para evitar lo anterior, y en su lugar se recomienda obtener secciones triangulares o «pays» que se extiendan más allá del centro y contengan el crecimiento inicial; esto permite transportar más muestras y minimizar espacio para su almacenamiento cuando han sido procesadas. No obstante, en la medida de lo posible, siempre será conveniente contar con las secciones completas, ya que de esta manera se facilita su fechado al permitir dar seguimiento al contorno de los crecimientos y detectar posibles errores debido a la presencia de anillos falsos o perdidos. Finalmente, las muestras ya procesadas

y fechadas se pueden seccionar en formas triangulares para reducir peso y facilitar su medición y almacenaje posterior.



Figura 6. Obtención de secciones transversales de material muerto sobre el piso forestal o semienterrado. La obtención de triángulos o «pays» conteniendo el centro del árbol facilita el traslado del material al laboratorio.

Muchas de los tocones, troncos, ramas, etc., de donde se obtienen las secciones por permanecer a la intemperie, particularmente expuestas a la humedad, inician de inmediato su descomposición microbiana y es común que la parte externa se pierda y sólo el duramen perdure. En sitios muy secos el proceso de descomposición es muy lento, y se pueden obtener muestras de secciones hasta con más de 200 años de muertas, particularmente en algunos sitios de Chihuahua, Durango, Sonora, Coahuila y Nuevo León.

Siempre que sea posible se deben obtener secciones sólidas y lo más completas posible, esto permitirá determinar el año en que el árbol murió, información importante en estudios ecológicos, auditorías de manejo forestal, así como climáticos. Para conservar estas muestras y guardar cada parte en su lugar es pertinente señalar con un plumón de tinta permanente e indeleble la dirección de las uniones de cada porción separada, luego se envuelven con película plástica, de preferencia la usada para envoltura de derivados de carne y de productos lácteos, lo que facilitará mantener cada muestra separada y su traslado al laboratorio para su restauración (Figura 7). Los datos que llevan las secciones, son similares a los que se colocan en los popotes que guardan los núcleos de crecimiento; es decir, clave del sitio, número de muestra, especie si se conoce, si está seccionada, número de partes en que se seccionó la muestra, porción del fuste donde se obtuvo la muestra, orientación, etc. Si es posible, también es deseable realizar un dibujo o tomar una fotografía de cada sección transversal muestreada.

Después del traslado del material al laboratorio, los datos de identificación de las virutas y secciones se vacían en un formato especial que contiene la clave del sitio, fecha de colecta, especie(s) muestreada(s), colector(es), observaciones.

El proceso de restauración de secciones consisten en unir las partes fraccionadas en su posición correcta con

pegamento para madera. Para hacer más firme la unión entre partiduras se colocan grapas con una pistola neumática, conforme se secan las muestras puede haber más partiduras y hay que estar atentos para colocar pegamento y grapas hasta que el grado de humedad se estabiliza y la muestra deja de mostrar variaciones importantes en su tamaño. En ocasiones las partiduras son tan grandes que es necesario rellenar los huecos con porciones de madera sólida, proceso que le da más estabilidad a la sección. Para un fácil manejo de las secciones o cuando algunas muestras están muy deterioradas (podridas) y se dividieron en varias secciones, se pueden fijar en bases de triplay o en una tabla delgada, lo cual facilitará también su pulido, fechado y medición. El tiempo de secado es variable dependiendo de la condición inicial de humedad de las muestras durante su colecta y de las condiciones ambientales del área de secado o almacenamiento donde se vaya a trabajar el material; con base en la experiencia del Laboratorio de Dendrocronología del CENID-RASPA/INIFAP este procedimiento para las virutas no toma más de una semana, pero para las secciones transversales se prolonga hasta por varias semanas.

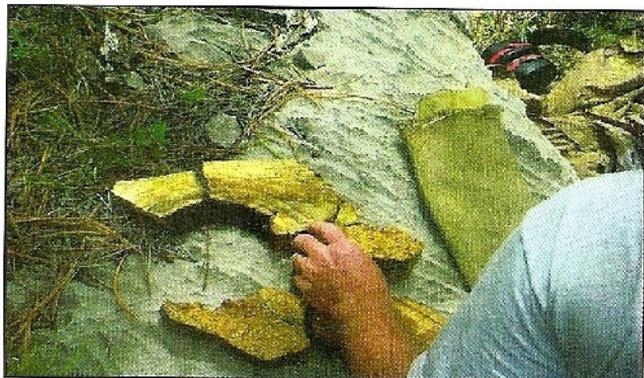


Figura 7. En muestras seccionadas, se ensamblan cada una de sus partes y las uniones se señalan con un marcador de tinta permanente. También es recomendable tomar una fotografía de cada muestra. En el laboratorio las muestras se pegan y restauran.

Taxodium mucronatum.

El sabino o ahuehuete es una especie propia de ecosistemas riparios o bosques de galería, es considerado el árbol nacional de México, y es uno de los árboles más corpulentos y longevos (Martínez, 1963). El ahuehuete es también de las especies más importantes para reconstrucciones paleoclimáticas (Stahle y Cleveland, 1996); ejemplares de más de mil años han sido ubicados en diversos bosques de galería de México, entre ellos sitios en los estados de San Luis Potosí, Querétaro y Durango (Villanueva *et al.*, 2003, 2006, 2007).

Para obtener núcleos de crecimiento adecuados para este fin, la especie tiene el inconveniente de que forma

contrafuertes o bien, se fusiona con árboles adyacentes y con sus propias ramas (Brown y Montz, 1986). Por lo tanto, los crecimientos en estos contrafuertes son muy irregulares y difíciles de fechar. Para evitar lo anterior, las muestras con taladro de Pressler se obtienen de una sección regular del fuste, de preferencia cilíndrica; en estos puntos, los crecimientos anuales serán más uniformes en todos los radios y se facilitará su fechado. Cuando se tiene la certeza de que el árbol se integra de varios individuos fusionados, las muestras se obtiene sólo de un lado del perímetro total, donde se tiene la certeza de que esa porción corresponde a un solo individuo. En esta situación las muestras se obtendrán muy cercanas unas de otras, aunque en diferentes orientaciones, situación que permitirá captar con veracidad la variación en el crecimiento del árbol.

Para ascender o trepar al árbol, un procedimiento consiste en el uso de escaleras auxiliado por dos personas, una de las cuales mantendrá la escalera fija y firme a uno de los costados del fuste, mientras que la otra se encargará de extraer las virutas. Un método alternativo es utilizar un dispositivo tipo zanco pequeño con una parte metálica que se ajusta en los zapatos y parte interna de la espinilla, con picos en la parte interior del pie que permiten mediante una pisada fuerte insertarse en la corteza y con la ayuda de un cinturón de seguridad se logra el ascenso al árbol y la obtención de las muestras (Figura 8).

Otros árboles por su conformación, posición (inclinación) y presencia de ramas bajas permiten trepar

sin el requerimiento de equipo especializado. De cualquier forma se recomienda extremar precauciones y utilizar cinturones de seguridad y percatarse de que los taladros estén en condiciones adecuadas antes de insertarlos, de tal manera que no se desprenda el seguro que une la barrena o broca al «maneral» o «manguillo» al momento de realizar la extracción de la viruta; el uso de arillos o anillos plásticos («o rings») o en su defecto cinta adhesiva colocados entre el «maneral» y la barrena proporcionan mayor seguridad durante el proceso de extracción de la muestra, lo anterior evitará que al tirar del maneral para extraer la barrena éste se salga y se tengan caídas que pueden tener graves consecuencias.

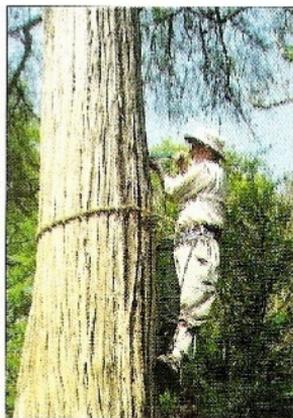


Figura 8. Dave Stahle (Profesor Investigador de la Universidad de Arkansas) obtiene un núcleo de crecimiento en una porción regular del fuste de un ejemplar de ahuehuete milenario. Para ascender al tronco se requiere del auxilio de equipo especializado. Los crecimientos en esta sección regular del fuste serán más uniformes y de mayor utilidad con fines dendrocronológicos.

Debido a las dimensiones colosales del ahuehuete se recomienda utilizar taladros de extensión más larga que lo común, como son los tamaños de 20 a 28 pulgadas (51 a 71 cm) de longitud, con diámetros de barrena de 5.15 mm a 12.0 mm; este último diámetro es más recomendado por extraer un cilindro con un grosor mayor de madera, lo cual permite apreciar con mayor claridad los anillos de crecimiento e identificar más fácilmente anillos falsos, microanillos y anillos perdidos. El uso de taladros más largos incrementan la posibilidad de obtener el crecimiento más interno, que corresponde al centro del árbol, no obstante esto es difícil, ya que con frecuencia los individuos particularmente viejos presentan pudriciones en su parte interna, y el centro en ocasiones ha desaparecido o se encuentra en un estado de descomposición que limita su extracción.

No todos los árboles de ahuehuete forman contrafuertes, particularmente cuando son jóvenes o bien, en sitios con alta densidad donde debido a la competencia intraespecífica (entre árboles de ahuehuete) forman fustes rectos y cilíndricos de crecimiento regular. En esta situación, las muestras se obtienen a la altura del pecho, pero siempre cuidando de obtenerlas en porciones del fuste que estén sólidas y no presenten pudriciones, irregularidades en su crecimiento u otros daños físicos (Figura 9).

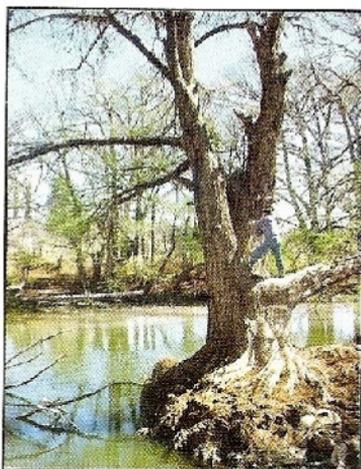


Figura 9. Obtención de un núcleo de crecimiento en una parte del fuste sin problemas de crecimiento irregulares. En este ejemplo fue factible ascender al árbol sin la ayuda de equipo especializado.

En ahuehuete, por presentar crecimientos irregulares, presencia de anillos falsos y pudrición del centro del árbol, se recomienda obtener de tres a cuatro núcleos de crecimiento por árbol y de preferencia de individuos viejos, ya que al compactarse los crecimientos, estos se vuelven más fáciles de distinguir. A diferencia de otras especies, los crecimientos en árboles viejos se vuelven más nítidos y conservan un patrón de crecimiento definido, situación que facilita su fechado. En este aspecto es recomendable fechar de manera inicial núcleos de crecimiento del mismo árbol (comparar patrones de crecimiento entre muestras del mismo árbol) y posteriormente ya con un patrón definido fechar las

muestras restantes (comparar patrones de crecimiento entre muestras de árboles distintos).

El muestreo se puede complementar con secciones transversales, particularmente en sitios que poseen material muerto que yace en el fondo de lagos, ríos o en el lecho de las corrientes permanentes, así como en el costado de las márgenes de ríos; este tipo de material es muy importante ya que en ocasiones permite extender la cronología en el tiempo por cientos de años. El procedimiento de preparación de las muestras (núcleos de crecimiento y secciones transversales) es similar al descrito para el abeto Douglas.

Pinus cembroides.

El pino piñonero es una especie propia de climas semiáridos y, por ende, de alta sensibilidad climática a fluctuaciones en precipitación, que se denota por crecimientos anuales muy pequeños. La especie posee amplia distribución en México, y actualmente se ha trabajado con piñonero en el desarrollo de cronologías de anillo total sólo en los estados de Durango, Coahuila y Guanajuato.

El pino piñonero, por su alta sensibilidad climática, tiene la tendencia a presentar anillos perdidos en gran parte de sus radios de crecimiento y en especial en los crecimientos recientes (junto a la corteza), de esta manera se recomienda incluir en el muestreo un alto porcentaje de

árboles jóvenes, particularmente de aquellos ubicados en sitios menos limitantes en cuanto a profundidad de suelo y disponibilidad de agua (Constante, 2007). Debido a lo anterior, se tiene la experiencia de que el muestreo debe contemplar la toma de muestras de toda la periferia del tronco principal y obtener de tres a cuatro muestras por árbol distribuidas en diferentes orientaciones del fuste (Figura 10). Los taladros a utilizar en esta especie deben tener una extensión de 14 a 20 pulgadas (36 a 52 cm), ya que los diámetros alcanzados por este pino difícilmente superan un metro de diámetro.

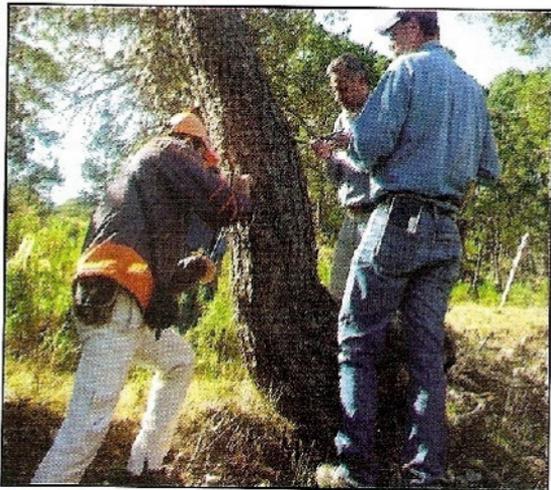


Figura 10. Obtención de núcleos de crecimiento de *Pinus cambroides*. En esta especie se recomienda obtener de tres a cuatro núcleos de crecimiento por árbol. Se debe evitar puntos en el fuste con heridas o muy cerca de la formación de ramas, ya que el árbol forma núcleos de resina que pueden romper las barrenas.

Un aspecto importante en el muestreo de esta especie consiste en evitar sitios donde se ha cortado una rama o donde por algún otro daño físico existe la formación de nudos, ya que en estos sitios se concentran núcleos de resina cuya dureza origina el rompimiento de la barrena. Las muestras por lo general se obtienen a la altura del pecho (1.30 a 1.40 m), aunque con frecuencia se muestrea a alturas inferiores debido a que muchos especímenes de pino piñonero bifurcan antes de alcanzar la altura indicada.

La obtención de secciones transversales es de gran ayuda para el desarrollo de cronologías de piñonero, pues se puede identificar con mayor facilidad la ubicación de anillos perdidos, además de extender las cronologías en el tiempo. Estas secciones se pueden obtener de árboles muertos en pie, derrumbados sobre el suelo, tocones de aprovechamientos previos, ramas caídas, troncos semienterrados, etc.

Pinus pinceana.

El pino pinceana o piñon blanco se distribuye de manera dispersa en sitios de la Sierra Madre Oriental a elevaciones de 1,400 a 2,300 m en los estados de Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro e Hidalgo (Farjon *et al.*, 1997). Al igual que el *Pinus cembroides*, especie con la que comparte con frecuencia el mismo hábitat es muy sensible a variaciones en precipitación y tiende a presentar con frecuencia anillos perdidos e inclusive falsos, estos últimos en sitios con latitud inferior y

sujetos a una mayor disponibilidad de humedad. La especie en ocasiones se le encuentra con fustes grandes bien definidos y aunque generalmente son árboles con fustes pequeños que tienden a bifurcarse a baja altura. Por lo anterior, difícilmente pueden obtenerse los núcleos de crecimiento a la altura del pecho y se tiene que muestrear casi a nivel del suelo, situación que demanda un mayor esfuerzo físico. Los núcleos que se recomiendan obtener por árbol son de tres a cuatro distribuidos alrededor del fuste del árbol, y siempre que sea posible complementarse con secciones transversales de árboles muertos (Figura 11). Actualmente se han desarrollado 10 cronologías de esta especie en todo su rango de distribución (Santillán, 2008).

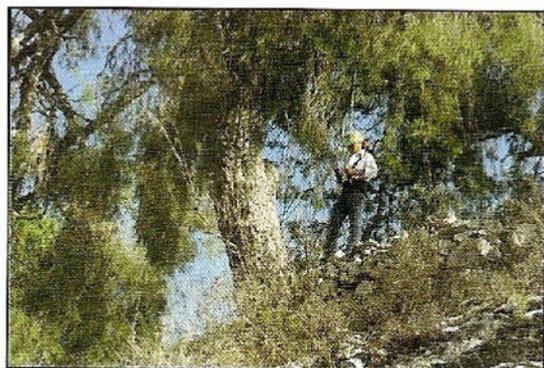


Figura 11. Ejemplar de *Pinus pincea*. Debido a la alta frecuencia de anillos perdidos se recomienda obtener de tres a cuatro virutas por árbol.

Pinus culminicola.

El pino culminicola tiene una distribución restringida en la Sierra Madre Oriental y se ubica básicamente en las vertientes más elevadas (3,000 a 3,700 m) de dicha montaña. La especie es endémica de las Sierras de Arteaga, Coahuila, Cerro Potosí y Peña Nevada, Nuevo León, donde se asocia con otras coníferas como *Pinus hartwegii*, *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga menziesii*. Prefiere sitios rocosos muy someros y expuestos al viento (Figura 12). Es una especie que produce tallos múltiples, lo cual le confiere una apariencia arbustiva y es muy sensible a fluctuaciones en la precipitación, siendo común la presencia de anillos perdidos. La obtención de virutas del fuste principal se dificulta en esta especie, por lo que se recomienda obtener secciones transversales de las ramas principales, no obstante la mayoría de ellas muestra madera de compresión y de liberación y se observa un desplazamiento del anillo interno fuera de lo que debería de ser el centro geométrico. Otro problema para datar los anillos de crecimiento está relacionado con la liberación de resina, particularmente cuando un árbol es dañado por un incendio, situación que hace menos nítidos sus crecimientos. Una ventaja es que la especie no presenta anillos falsos, aunque sí anillos perdidos, y la clave de su fechado está en identificar un patrón de anillos pequeños.

Siempre que sea posible las secciones se deben de obtener del fuste principal donde los crecimientos son más concéntricos, con lo que se facilitará su fechado.

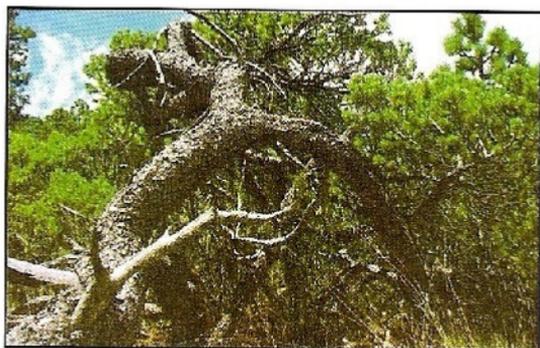


Figura 12. Ejemplar de *Pinus culminicola* en el sitio «La Viga», Sierra de Arteaga, Coahuila. La especie posee tallos múltiples y habita en las cumbres elevadas de esta montaña donde el azote del viento es constante. La especie es endémica y posee madera de reacción, por lo que para estudios dendrocronológicos es pertinente obtener secciones transversales.

Pinus lumholtzii.

El pino triste, aunque es frecuente y abundante en sitios secos y rocosos a elevaciones de 2,100 a 2,600 m de la Sierra Madre Occidental (García y González, 2003), relativamente pocas cronologías se han desarrollado con esta especie. Sin embargo, constituye una conífera con alto potencial para estudios dendrocronológicos, además de alcanzar edades que superan los 300 años de edad (Figura 13).

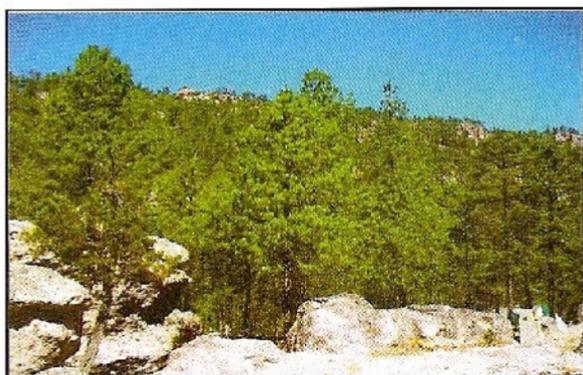


Figura 13. El *Pinus lumholtzii* o pino triste (centro) es una especie propia de sitios pobres y, por ende, de alta sensibilidad a variaciones en precipitación. Árboles con más de 300 años son comunes encontrar en diversos sitios con bosque de coníferas en la Sierra Madre Occidental.

Al igual que el pino piñonero, la especie tiende a mostrar una buena cantidad de anillos perdidos, por lo que se recomienda obtener de tres a cuatro núcleos de crecimiento por árbol. El muestreo se debe complementar con secciones transversales de tocones, árboles muertos tirados o en pie, así como material subfósil (semienterrado en el piso forestal) para extender las cronologías en el tiempo. Por no alcanzar diámetros superiores a un metro, la dimensión de los taladros recomendados es similar a la descrita para pino piñonero. Actualmente se han desarrollado sólo tres cronologías con esta especie en los estados de Jalisco y Durango, aunque su potencial es muy alto en especial en los estados de Chihuahua, Durango y Jalisco.

***Pinus arizonica*, *Pinus duranguensis*, *Pinusa rudis*,
Pinus hartwegii, *Abies religiosa* y otras coníferas.**

Diversas especies de coníferas con amplia distribución en las sierras Madre Oriental, Occidental, Eje Neovolcánico y otras áreas montañosas del país tienen alto potencial dendrocronológico, donde ya se han desarrollado cronologías de anillo total para algunas de ellas.

Pinus hartwegii especie que se distribuye en los sitios más elevados (2,300 a 4,300 m), se encuentra presente en volcanes como el Iztacihuatl, Popocatepetl, Pico de Orizaba, Cofre del Perote, Nevado de Colima, entre otros (Perry, 1991, Farjón *et al.*, 1997). En general, esta conífera tiende a mostrar poca variación en el grosor de sus anillos de crecimiento y es pertinente seleccionar adecuadamente los especímenes a muestrear para incrementar su sensibilidad climática; estudios previos indican que los árboles más sensibles de esta especie se ubican hasta 300 m por debajo de su límite altitudinal y son los sitios que se deben elegir para estudios dendroclimáticos (Biondi, 2001). El número de núcleos de crecimiento a obtener por árbol es de dos a tres, no obstante, en aquellos individuos longevos (más de 300 años) se recomienda extraer hasta cuatro virutas (Figura 14). El número de cronologías desarrolladas para *Pinus hartwegii* actualmente es de sólo tres.

Cronologías de anillo total también existen para *Pinus arizonica*, *Pinus duranguensis*, *Pinus rudis*, *Pinus*

douglasiana. La metodologías de muestreo son similares a la descrita para *Pinus hartwegii*.

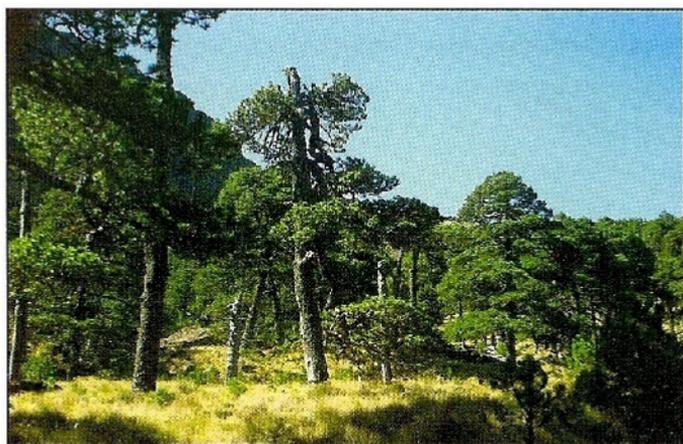


Figura 14. *Pinus hartwegii* en Cofre del Perote, Veracruz. La especie es muy longeva alcanzando edades que superan los 400 años de edad. También muestra alto potencial para estudios dendrocronológicos.

Latifoliadas (*Carya illinoensis*, *Quercus spp*, *Alnum*, diversas especies tropicales).

Las angiospermas (especies que tienen las semillas encerradas en un fruto) a las cuales pertenecen las latifoliadas (especies cuya madera posee fibras cortas y vasos o poros para transporte de agua y minerales de la raíz a las hojas) poseen estructuras celulares más complejas que las gimnospermas (coníferas), compuestas básicamente por células denominadas traqueidas. Muchas de las latifoliadas de climas templados y tropicales a pesar de producir anillos anuales de crecimiento, estos son

difusos y con crecimientos irregulares. La madera es de una dureza tal que difícilmente permite que sea penetrada por un taladro de Pressler convencional para obtener un núcleo de crecimiento (Figura 15).

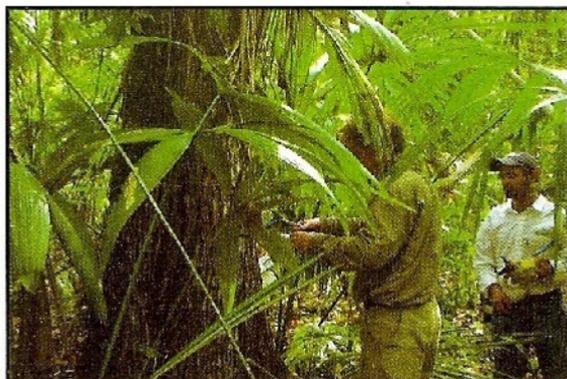


Figura 15. Obtención de núcleos de crecimiento de latifoliadas tropicales. Debido a la dureza de la madera de estas especies y a la presencia de crecimientos irregulares, lo más recomendable es obtener secciones transversales.

Para realizar estudios dendrocronológicos en latifoliadas lo más recomendable es obtener secciones transversales también conocidas como «rodajas», donde sea factible analizar con detenimiento cada una de las bandas de crecimiento y definir si son o no anuales (Roig *et al.*, 2005). En climas tropicales existe la disyuntiva de saber si muchas de sus especies poseen anillos anuales de crecimiento. Diversas estrategias pueden utilizarse para identificar especies con potencial dendrocronológico; una de ellas es determinar aquellas especies que poseen anillos de crecimiento anual y que tienen amplia distribución

aun en áreas tropicales y subtropicales; una segunda aproximación es analizar las especies de alguna familia botánica donde alguna de sus especies muestran anillos de crecimiento anual; una tercera opción sería identificar especies caducifolias y analizar la anatomía de sus crecimientos, y finalmente utilizar algún muestrario de maderas tropicales y características anatómicas y explorar qué especie pudiera mostrar bandas de crecimiento anual (Stahle, 1999).

Debido a la diversidad de especies tropicales y subtropicales aún **falta** mucho que hacer en aspectos dendrocronológicos. Sin embargo, los avances científicos en tecnología de la madera, disponibilidad de microscopios con mayor resolución, dendrómetros automatizados, escaneadores con alta resolución y otros avances tecnológicos como análisis isotópico, de imágenes, tomografía, densitometría, etc., están contribuyendo cada día a identificar con mayor precisión las capas de crecimiento o anillos anuales en muchas de estas especies, que en el pasado se consideraban como no aptas para este tipo de estudios, debido a la creencia errónea de que no formaban anillos de crecimiento anual.

Limpieza y mantenimiento de los taladros

Durante el proceso de obtención de núcleos de crecimiento los taladros en uso deben lubricarse cada dos a tres árboles o bien, después de barrenar un árbol con problemas de acumulación de resina, pudriciones o

acumulación de agua fermentada. El proceso de lubricación se realiza al aplicar aceite a presión WD40 o alguna otra marca similar a la barrena en su parte interior y exterior así como al extractor o cuchara; el exceso de lubricante se limpia con una toalla o un papel suave. También se puede utilizar cera que se distribuye en la punta de la barrena y en toda su superficie exterior. La lubricación permitirá obtener muestras de mejor calidad, a la vez de facilitar el proceso de barrenado y extracción de la muestra.

Al finalizar una jornada de trabajo es muy importante efectuar la limpieza del equipo utilizado, en especial el interior de la barrena, lo cual evita que se oxide y disminuya su vida útil. Este proceso se facilita con el uso de un dispositivo como el utilizado para la limpieza de rifles, que consiste en una extensión cuya parte terminal contiene un escobetilla. A la parte terminal también se le puede añadir un pedazo de tela impregnado con aceite y mediante la acción de girado limpia las impurezas y resinas impregnadas durante el proceso de muestreo. Cuando no se dispone del equipo de limpieza se puede utilizar algún otro instrumento o extensión que se le inserta en la punta algodón impregnado de aceite y que al girarlo dentro del cilindro de la barrena realiza la misma función de limpiado (Figura 16).



Figura 16. La limpieza de taladros es de gran importancia después de una jornada de trabajo, esto prolonga la vida útil del equipo al evitar corrosión de la barrena y del extractor, y permite obtener muestras más limpias y de mejor calidad.

Montado de núcleos de crecimiento

La colocación de la muestra en la moldura de madera determina la visibilidad de los anillos de crecimiento (Figura 17). Un montaje correcto de las muestras implica que las células o traqueidas de las coníferas se orienten de manera vertical o perpendicular al incremento anual. La adecuada orientación de las células facilitará determinar con mayor nitidez los límites del anillo de crecimiento. Por el contrario, una muestra mal montada arruina el trabajo de extraer una buena muestra y provoca como resultado que no se distingan los anillos de

crecimiento o que se observen difusos los límites entre una banda de crecimiento y otra.



Figura 17. El montaje correcto de los núcleos de crecimiento es importante para distinguir con claridad los límites entre bandas de crecimiento. Para el caso de coníferas la muestra debe montarse de tal manera que las traqueidas queden en posición vertical.

Colecta de muestras con cicatrices de incendios

La formación de marcas o cicatrices en el fuste de ciertas especies arbóreas provocadas por incendios de mediana a alta intensidad, producen en el fuste principal una oquedad en forma de triángulo en la parte inferior del fuste que se extiende hasta la base del mismo y puede tener una longitud aproximada de 1.0 a 1.5 m, aunque en ocasiones asciende más el fuste. Esta oquedad se caracteriza por la presencia de capas sobrepuestas que

le da la apariencia de «cara de gato» o de pequeños surcos en forma de gajos. El fechado de estas capas constituye la base técnica para determinar la frecuencia histórica de incendios (Figura 18).

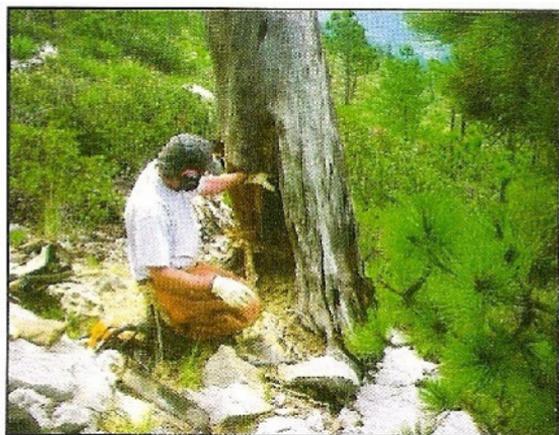


Figura 18. Árbol con daño de incendios. En la oquedad las cicatrices de incendios se registran como capas sobrepuestas. Al fechar las capas de crecimiento al año de su formación es factible determinar cuándo ocurrió el incendio.

La formación de cicatrices se inicia cuando un incendio daña el tejido de crecimiento (cambium). En respuesta, el árbol emite resina que se marca como una cicatriz o capa para sanar la herida. El tejido dañado queda expuesto entonces a incendios posteriores, que se registran en el árbol como láminas o capas sobrepuestas al primer incendio (Figura 19). El fechado de la secuencia de cicatrices presentes en los anillos de crecimiento anual representa la secuencia de incendios que han afectado

dicho árbol y que al conjuntar las cicatrices de todos los árboles integra la incidencia de incendios que se han presentado en un rodal o en una cuenca en particular.



Figura 19. Sección transversal con daños de incendio. Las cicatrices de incendio se resaltan claramente después del pulido. El año en el que estas cicatrices de incendio ocurrieron se fechan y se determina la frecuencia de incendios.

Para un estudio de frecuencia de incendios se obtienen secciones parciales o completas con cicatrices en árboles muertos, tocones de aprovechamientos previos e incluso de árboles vivos. Estas secciones se obtienen con la ayuda de una motosierra de una capacidad y tamaño de barra variable, aunque se recomienda el uso de aquellas más grandes con una cilindrada de 91.6 cm³, diámetro de cilindro de 54 mm, carrera de 40 mm, potencia de 5.0 kw y

de 1,200 a 1,300 revoluciones por minuto; en el mercado existen varias marcas con estas características.

La selección de los individuos con cicatrices de incendios a muestrear es muy importante, y al elegir un individuo se debe explorar minuciosamente la parte con cicatrices a fin de seleccionar la porción con mayor cantidad de incendios. Con frecuencia la mayor cantidad de cicatrices se presenta cerca de la base del árbol, no obstante algunas cicatrices adicionales se pueden ubicar en otras partes del fuste e inclusive en la parte donde la oquedad hace vértice. Cuando una sección no posee todas las cicatrices de incendios en una parte definida del árbol, lo recomendable es obtener más de una sección y de esta manera tratar de captar todas las cicatrices presentes en el árbol, tocón o sección tirada en el piso forestal.

En cada muestra obtenida se marca la clave del sitio (compuesta por tres letras), seguido por el número de muestra y con una vocal (A, B, C, etc.) indicando el número de secciones obtenidas por árbol. También se incluye la fecha y si se conoce la especie también indicarla. Así por ejemplo, la muestra número uno (A) del sitio Pinar (PIN) con fecha de colecta 01 de mayo de 2008 y obtenida de la especie *Pinus ayacahuite* en un punto de fuste con orientación norte se escribirá como PIN01A N 01-05-08; *P. ayacahuite*. También se le puede agregar información adicional como coordenadas geográficas del árbol, características morfológicas del sitio, exposición, pendiente, etc.

Pulido de núcleos de crecimiento y de secciones transversales

Posterior al montaje de los núcleos de crecimiento y una vez que se encuentran firmes a la moldura se procede a realizar el lijado para resaltar las estructuras de crecimiento. El pulido puede ser mecánico o manual, aunque el primero es más recomendado ya que acorta el tiempo de preparación de las muestras. Para el pulido se recomienda el uso de lijas secuenciales en granos de 120 a 1,200. El número de lija inferior (120) es el más áspero hasta llegar al más fino (1,200). Ciertas especies quizás no requieran de toda la secuencia de lijas, aunque la mayoría de ellas sí. Se reitera que un lijado profesional es muy importante, y dependiendo de qué tan bien se realice este proceso se podrá tener o no éxito en el fechado apropiado de las capas de crecimiento anual. En muchos casos se recomienda finalizar con un lijado manual con lijas muy finas (grano mayor a 1,200), situación que permite distinguir con mayor facilidad los límites entre anillos de crecimiento (Figura 20).



Figura 20. El pulido correcto tanto de los núcleos de crecimiento como de las secciones transversales es fundamental para resaltar adecuadamente las estructuras de crecimiento anual.

Material y seguimiento para el acabado de secciones transversales de madera

El acabado de secciones transversales es una actividad muy importante, particularmente cuando se quieren resaltar las capas de crecimiento anual para fines de exhibición o propósitos educativos. Para llevar a cabo este proceso, una sección transversal se debe pulir perfectamente su superficie a tratar, dejándola completamente libre de polvo. El tratamiento inicial consiste en la aplicación de diversas lijas en granos secuenciales de 30 a 1,200. El lijado se puede realizar con una pulidora fija u orbital, la lija que se aplica al inicio es la más gruesa (30) que se aplica a las maderas más duras, aunque generalmente para algunas muestras de coníferas con superficies no muy uniformes se inicia con

lijas del número 60 y se continúa sucesivamente con granos más finos (120,220, 320, 400, etc.).

Después de pulida la muestra y fechada mediante técnicas dendrocronológicas estándar lo más importante para una muestra de exhibición es que debe resaltar fechas importantes, características de las estructuras celulares producidas por un evento extremo (sequías, cicatrices de incendio, anillos congelados, rupturas en crecimiento debido a movimientos de suelo, heridas provocadas por caudales extremos, plagas, enfermedades, etc.), situación que le da más realce desde un punto de vista científico o educativo (Figura 21).

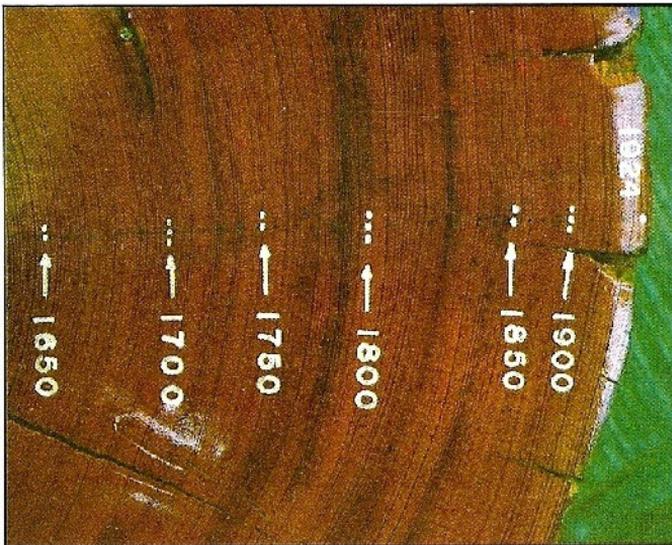


Figura 21. Sección transversal en exhibición con fechas de los crecimientos en separaciones de 50 años. Estas secciones son de gran importancia educativa y ayudan a tomar conciencia significativa para conservar estas especies.

Escritas las fechas importantes a sobresalir en la sección transversal con el apoyo de estilógrafos montados en un trazador de planos comúnmente llamado «alacrán» se procede a la fase de barnizado que comprende tres etapas: 1) Se prepara el sellador para madera que se adquiere en alguna casa comercial especializada en este tipo de productos. El sellador se diluye con adelgazador en una proporción aproximada de 1:3. Por ejemplo, para obtener un litro del producto se diluye una cuarta parte de sellador más tres cuartas partes de adelgazador. La mezcla se distribuye uniformemente en la superficie de la sección transversal con pistola de aire y se deja reposar al aire libre durante 24 horas. 2) Se seca la sección transversal, se pule intensamente con lija negra de grano 320. Al realizar este paso la sección transversal liberará un polvo de color blanquizco de tamaño muy fino, y el resultado final será una superficie que al tacto es muy tersa y suave. 3) Terminado el proceso anterior, inmediatamente se prepara un compuesto químico conocido como «poliuretano», el cual en el mercado se comercializa como «brillo directo».

Para obtener la mezcla se diluye «barniz» con el catalizador (brillo directo) en una proporción de 1:1. Ya lista la mezcla se aplica a la superficie de la sección transversal con un atomizador. Se recomienda realizar de dos a tres aplicaciones (manos) en lapsos de 30 minutos entre ellas.

En el mercado existe un producto denominado «diluyente», mejor conocido como «D-500». Este producto se añade a la mezcla producida en el paso anterior en una proporción de 10 por ciento con relación al volumen total;

es decir, si se prepara un litro de mezcla se vierten 100 mililitros del diluyente. La ventaja de utilizar este producto es que se incrementa la eficiencia de aplicación cualquiera que sea el mecanismo, ya sea con pistola de aire o con brocha.

Un aspecto importante a considerar es la cantidad de volumen del producto a preparar, ya que si no se usa completamente, sólo tiene una vida útil de seis horas, y si se prepara todo, el remanente no utilizado deberá desecharse. El tiempo de secado no es mayor de 24 horas, período en el cual la muestra debe quedar lista para su exhibición.

La muestra en exposición debe resaltar fechas importantes, características de las estructuras celulares producidas por un evento extremo (cicatrices de incendio, anillos congelados, rupturas en crecimiento debido a movimientos de suelo, heridas provocadas por caudales extremos, plagas, enfermedades, etc.), situación que la da más realce a la muestra en exhibición desde un punto de vista científico o educativo (Figura 21).

Conclusiones

El presente folleto aborda en detalle y con base en la experiencia de los autores, la obtención de núcleos de crecimiento y de secciones transversales en campo y su preparación en laboratorio con fines dendrocronológicos. Este proceso, sin embargo, no considera la técnica de fechado, para lo cual se remite al lector a referencias propias para tal efecto, que tratan sobre esta metodología en particular (Stokes y Smiley, 1968; Swetnam *et al.*, 1988;

Fritts y Swetnam, 1989; Grissino-Mayer, 2001), y uso de programas específicos para analizar su calidad (Holmes, 1983), así como generación de cronologías o series de anillos de crecimiento (Fritts, 1976; Cook, 1987). Parte de esa información se encuentra resumida en el folleto técnico denominado *Elementos básicos de la dendrocronología y sus aplicaciones en México* (Villanueva et al., 2004).

La obtención de muestras de calidad con fines dendrocronológicos es un proceso muy importante para tener éxito en alcanzar los objetivos planteados en aspectos de índole climático, ecológico, geomorfológico, arqueológico, etc. El personal que realice tal actividad encontrará en este folleto las bases técnicas fundamentales para llevar a cabo dicho proceso con alta probabilidad de éxito; sin embargo, el sentido común y la experiencia que se vaya adquiriendo en este tipo de actividad serán factores claves para lograr los objetivos planteados en el estudio.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento otorgado a través del Instituto Interamericano para Investigación de Cambio Climático (IAI), proyecto CRN # 2047, a su vez financiado por el US/National Science Foundation (Grant GEO-0452325). La impresión de este trabajo fue cubierta con fondos fiscales del INIFAP, dentro del proyecto «Reconstrucción de clima, flujos y potencial ecoturístico de los bosques de galería de ahuehuete (*Taxodium mucronatum* Ten.) en México».

Literatura consultada

- Biondi, F. 2001. A 400-year tree-ring chronology from the tropical treeline of North America. *Royal Swedish Academy of Science* 30: 162–166.
- Brown, C. A. and G. N. Montz. 1986. *Baldcypress: the tree unique, the wood eternal*. Claitor's Publishing Division. Baton Rouge, LA. 139 p.
- Cleaveland, M. K., D. W. Stahle, M. D. Therrell, J. Villanueva D., B.T. Burns. 2003. Tree-ring reconstructed precipitation and tropical teleconnections in Durango, Mexico. *Climatic Change* 59: 369-388.
- Constante G., V. 2007. *Reconstrucción de la precipitación invierno-primavera para los últimos cuatro siglos en el Ejido Cuauhtémoc, Saltillo, Coahuila*. Tesis de Licenciatura. Departamento Forestal. Universidad Autónoma Agraria «Antonio Narro». Buena Vista, Saltillo, Coahuila. 72 pp.
- Cook, E. R. 1987. The decomposition of tree-ring series for environmental studies. *Tree ring bulletin* 47: 37-59.
- García A., A. y Ma. del S. González E. 2003. *Pináceas de Durango*. Instituto de Ecología, A. C., Centro Regional Durango. Xalapa, Veracruz. Segunda Edición. 187 p.
- Farjon, A., J. A. Pérez de la Rosa and B. T. Styles. 1997. *A field guide to the pines of México and Central America*. The Royal Botanic Gardens. Kew Publishing. England. 147 p.
- Fritts, H. C. 1976. *Tree rings and climate*. Academic Press. New York. 567 p.

- _____ and T. W. Swetnam. 1989. Dendroecology: a tool for evaluating variations in past and present forest environments. *Advances in Ecological Research* 19: 111–188.
- Grissino-Mayer, H. D. 2001. Evaluating crossdating, accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree ring research* 57(2): 205-221.
- Herman, R. H. and D. P. Lavander. 1999. Douglas-fir planted forests. *New Forest* 17: 53 – 70.
- Holmes, R. L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree ring bulleting* 43: 69-78.
- Josza, L. 1988. Increment core sampling techniques for high quality cores. Wood Science Department. Forintek, Canada Corp. Special publication No. SP-30. 27 p.
- Martínez, M. 1963. Las pináceas mexicanas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Tercera Edición. México, D. F. 345 p.
- Perry, P. J. Jr. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press, Portland, Oregon, USA. 231 p.
- Roig, F.A., J. J. Jimenez O., J. Villanueva D., B. H. Luckman, H. Tiessen, A. Medina, E.J. Noellemeyer. 2005. Anatomy of growth rings at the Yucatan Peninsula. *Dendrocronologia* 22 (3):187–193.
- Rzedowski, J. 1986. Vegetación de México. Ed. LIMUSA. México, D. F. 432 p.
- Santillán H., M. 2008. Dendrocronología de diez poblaciones de *Pinus pinceana* Gordon de la Sierra

- Madre Oriental. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria «Antonio Narro». Departamento Forestal. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 120 p.
- Schweingruber, F.H. 1996. Tree rings and environment dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart. Vienna, Haupt. 609 p.
- Stahle, D.W. and M.K. Cleaveland. 1996. Large-scale climatic influences on baldcypress tree growth across the southeastern United States. In: Climate variations and forcing mechanisms of the last 2000 years, edited by P.D. Jones and R.S. Bradley, NATO Advanced Science Institute Series; Series 1: Global Environmental Change. Vol. 41, pp. 125 – 140. Springer, Berlin.
- Stahle, D. W. 1999. Useful strategies for the development of tropical tree-ring chronologies. *IAWA Journal* 20(3): 249–253.
- _____, J. Villanueva, M. K. Cleaveland, M. D. Therrell, G. J. Paull, B. T. Burns, W. Salinas, H. Suzan, and P. Z. Fule. 2000. Recent tree-ring research in Mexico. En F. A. Roig (compilador). *Dendrocronología en América Latina*. EDIUNC. Capítulo de libro. Pp. 285-306.
- Stokes, M.A. and T. L. Smiley. 1968. An introduction to Tree-Ring Dating. University of Arizona Press. Tucson, AZ. 73 p.
- Swetnam, T. W., M. A. Thompson, and E. K. Sutherland. 1988. Using dendrochronology to measure radial growth of defoliated trees. *Agriculture Handbook No. 639*. USDA, Forest Service. USA. 39 p.

- Villanueva D., J., A. Hernández R. F. García F., E. Cornejo O., D. W. Stahle, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland. 2003. Análisis estructural de un rodal de sabino (*Taxodium mucronatum* Ten.) y vegetación circunvecina en los Peroles, San Luis Potosí, México. *Ciencia Forestal* 28(94): 57–79.
- ____ J. Cerano P., D. W. Stahle, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland, I. Sánchez C. 2004. Elementos básicos de la dendrocronología y sus aplicaciones en México. Folleto Técnico No. 2. INIFAP CENID RASPA. Gómez Palacio, Durango. 37 p.
- ____ J. Cerano P., D. W. Stahle, M. D. Therrell, L. Vázquez S., R. Morán M., B.H. Luckman. 2006. Árboles viejos del centro-norte de México. Folleto Científico No. 20. INIFAP CENID RASPA. Gómez Palacio, Durango. 46 p.
- ____ D. W. Stahle, B. H. Luckman, J. Cerano P., M. D. Therrell, R. Morán, M., M. K. Cleaveland. 2007. Potencial dendrocronológico de *Taxodium mucronatum* Ten. y acciones para su conservación en México. *Ciencia Forestal* 32 (101): 9–37.
- ____ J. Cerano P., D.W. Stahle, J. Estrada A., V. Constante G. 2008. Potencial dendrocronológico de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco y reconstrucciones de precipitación y flujo en México. Folleto Científico No. 23. INIFAP CENID RASPA. Gómez Palacio, Durango. 49 p.

Editora: Ing. Raquel Angulano Gallegos

Comité Editorial del CENID-RASPA

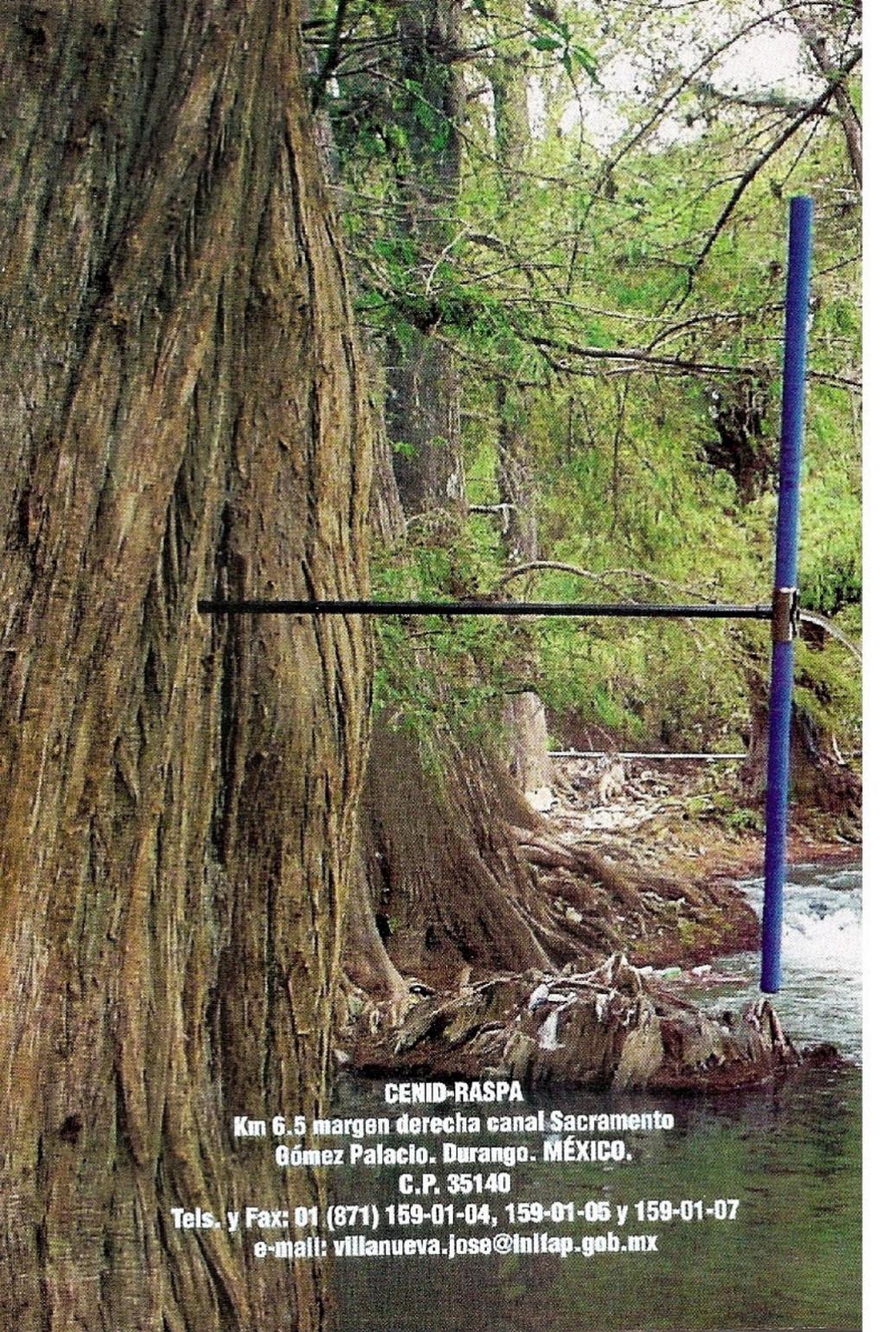
Presidente: Dr. José Antonio Cueto Wong

Secretario: Dr. Miguel A. Velásquez Valle

Vocales: Dr. Juan Estrada Ávalos
M. C. Miguel Rivera González

Revisor Técnico
Dr. Luis Valenzuela Núñez

Esta publicación se terminó de imprimir en el mes de mayo del 2009 en los talleres del Grupo Colorama, Adolfo Aymes N° 50, Cd. Industrial, Torreón, Coahuila.
Su tiraje consta de 600 ejemplares



CENID-RASPA

**Km 6.5 margen derecha canal Sacramento
Gómez Palacio. Durango. MÉXICO.
C.P. 35140**

**Tels. y Fax: 01 (871) 159-01-04, 159-01-05 y 159-01-07
e-mail: villanueva.jose@inifap.gob.mx**