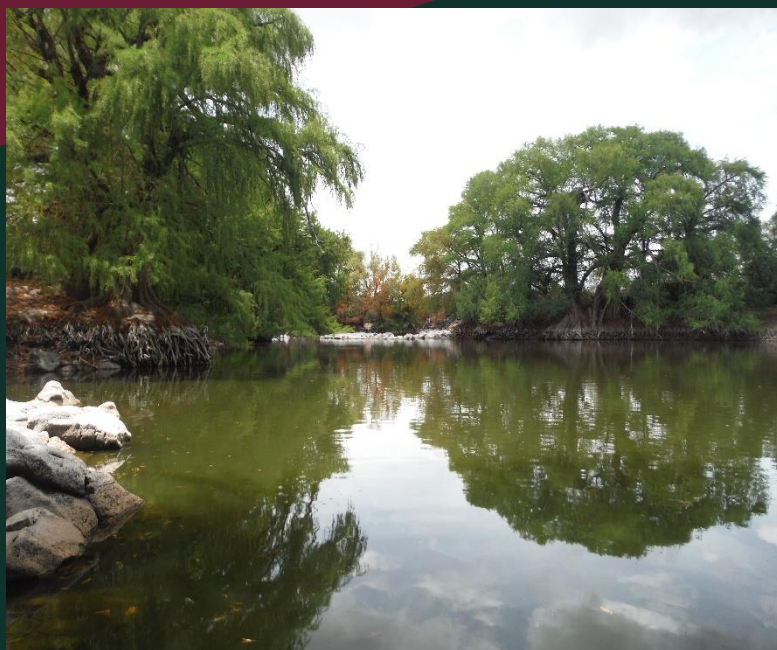


PRESENCIA DE ÁRBOLES DE AHUEHUETE CENTENARIOS Y MILENARIOS EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO MEZQUITAL

José Villanueva Díaz
Aldo Rafael Martínez Sifuentes
David W. Stahle
Fátima del Rocío Reyes Camarillo
Vicenta Constante García
Julián Cerano Paredes



Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Av. Progreso no. 5, Barrio de Santa Catarina
Alcaldía Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México
**Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en
Relación Agua Suelo Planta Atmósfera**
Gómez Palacio, Durango, México
Folleto Técnico No. 51, agosto 2021
ISBN: 978-607-37-1327-6
Registro de Derecho de Autor: 2021

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

DR. VICTOR MANUEL VILLALOBOS ARÁMBULA

Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

ING. VICTOR SUÁREZ CARRERA

Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria

DR. SALVADOR FERNÁNDEZ RIVERA

Coordinador General de Desarrollo Rural

LIC. IGNACIO OVALLE FERNÁNDEZ

Director General de Seguridad Alimentaria Mexicana

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

DR. LUIS ANGEL RODRÍGUEZ DEL BOSQUE

Encargado del Despacho de los Asuntos Correspondientes a la Dirección General del INIFAP

DR ALFREDO ZAMARRIPA COLMENERO

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

DR. LUIS ORTEGA REYES

Coordinador de Planeación y Desarrollo

LIC. JOSÉ HUMBERTO CORONA MERCADO

Coordinador de Administración y Sistemas

DR. SCHIAFFINI BARRANCO DANTE

Titular de la Dirección General Adjunta de la Unidad Jurídica

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA EN RELACIÓN AGUA SUELO PLANTA ATMÓSFERA

DR. JUAN ESTRADA ÁVALOS

Director

LIC. FLOR CARINA ESPINOZA DELGADILLO

Jefa de Administración

DR. ALDO RAFAEL MARTÍNEZ SIFUENTES

Jefe de Operación

Presencia de árboles centenarios y milenarios en el cauce del río San Pedro Mezquital

Dr. José Villanueva Díaz
CENID RASPA

Aldo Rafael Martínez Sifuentes
CENID RASPA

David W. Stahle
UNIVERSIDAD DE ARKANSAS

Fátima del Rocío Reyes Camarillo
CENID RASPA

Vicenta Constante García
CENID RASPA

Julián Cerano Paredes
CENID RASPA

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta
Atmósfera

Km 6.5 Margen Derecha del Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo., C.P.
35140

Teléfono: (55) 3871 8700; ext.: 80531

Correo electrónico: dirección.raspa@inifap.gob.mx

www.inifap.gob.mx

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México.
C.P. 04010

Teléfono: (55) 3871 8700

www.inifap.gob.mx

PRESENCIA DE ÁRBOLES DE AHUEHUETE CENTENARIOS Y MILENARIOS EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO MEZQUITAL

ISBN: 978-607-37-1327-6

PRIMERA EDICIÓN 2021

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

Cita correcta:

Villanueva-Díaz, J., Martínez-Sifuentes, A.R., Stahle, D.W., Reyes-Camarillo, F.R., Constante-García, V. Cerano-Paredes, J. 2021. Presencia de árboles centenarios y milenarios en el cauce del río San Pedro Mezquital. Folleto No. 51. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera. INIFAP CENID RASPA. 29 páginas.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
Causas de formación de remansos, albercas o cuerpos de agua en el río San Pedro Mezquital.....	4
Importancia de los bosques de galería con ahuehuete en el Río San Pedro Mezquital.....	6
Clasificación taxonómica y distribución geográfica del ahuehuete.....	7
Ubicación del área de estudio.....	8
Características morfológicas que definen la longevidad de especímenes de ahuehuete.....	12
Causas probables de la longevidad de ahuehuetes en sitios con formación de remansos.....	15
Como determinar la edad de especímenes de ahuehuete.....	19
Comportamiento de los incrementos anuales a través del tiempo en especímenes de ahuehuete.....	20
Importancia de conservar las poblaciones de ahuehuete en los remansos del río San Pedro Mezquital.....	22
AGRADECIMIENTOS.....	24
LITERATURA CITADA.....	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río San Pedro-Mezquital en los estados de Durango y Nayarit.....	3
Figura 2. Esquematzación de la formación de piscinas en el río San Pedro Mezquital y ubicación de poblaciones de ahuehuate....	5
Figura 3. Formación de cuerpos de agua en el río san Pedro Mezquital, debido a la caída y efecto erosivo del agua. La ilustración de la izquierda corresponde al paraje “El Saltito” y el de la derecha al paraje “Saltillos”; este último ubicado a 2 km aguas arriba del primer paraje.....	6
Figura 4. Pastoreo intensivo de ganado en los márgenes del río (izquierda), e incendios intencionales de árboles de ahuehuate (derecha). La confinación del ganado en ciertas áreas de los márgenes del río, produce compactación del suelo, daño a las raíces del arbolado y contaminación del agua por desechos orgánicos.....	8
Figura 5. Localización geográfica del Saltito, un paraje con una cascada de agua, el cual constituye uno de los principales cuerpos de agua de alto valor ecoturístico en el cauce del río San Pedro Mezquital.....	9
Figura 6. Ubicación geográfica de cuerpo de agua en el tramo “Primero de Mayo-Saltito”, en el río San Pedro Mezquital, donde han sido detectadas nueve remansos naturales con presencia de árboles centenarios y milenarios.....	11
Figura 7. Individuos de ahuehuate con grano espiralado. Nótese la torcedura en contra de las manecillas del reloj (grano con torsión a la derecha). En la porción de la izquierda, se muestra un individuo con el fuste completamente torcido y a la derecha un árbol donde se observa la torsión de ramas principales.....	14

Figura 8. Sistema masivo de raíces de ahuehuete al integrarse las raíces de individuos cercanos (izquierda) e individuo con presencia de contrafuertes (derecha)..... 17

Figura 9. Individuos de ahuehuete establecidos sobre un sustrato rocoso y protegidos por el talud de rocas de daños ocasionados por crecidas del río (izquierda) y ubicado en el extremo de un remanso, donde sufre menor daño por las embestidas de la corriente..... 18

Figura 10. Toma de muestras o núcleos de crecimiento con taladro de Pressler. La edad del árbol, generalmente se determina a la altura del pecho. En el lado izquierdo, se representa la extracción de un núcleo de crecimiento a la altura del pecho y generalmente en árboles longevos, se obtienen al menos tres muestras por árbol, como se observa en la porción de la figura en el lado derecho..... 20

Figura 11 Comportamiento del crecimiento anual de dos individuos de ahuehuete muestreados en remansos de agua del transecto “Primero de Mayo-Saltito”, para el período 1950 - 2019. Se observa en estos individuos, que el crecimiento a partir de 1990 tiene una tendencia a reducirse, no obstante que la disponibilidad hídrica es comparativamente mayor en estos remansos en comparación a sitios donde el volumen de flujo es mínimo o nulo.. 21

PRESENCIA DE ÁRBOLES DE AHUEHUETE CENTENARIOS Y MILENARIOS EN EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO MEZQUITAL

José Villanueva Díaz¹
Aldo Rafael Martínez Sifuentes²
David W. Stahle⁴
Fátima del Rocío Reyes Camarillo³
Vicenta Constante García¹
Julián Cerano Paredes¹

INTRODUCCIÓN

Uno de los ríos más espectaculares en México en función a su caudal, longitud e importancia biológica, social y económica es el río San Pedro Mezquital (RSPM), considerado el séptimo río más caudaloso de México y que conecta al Desierto Chihuahuense con el Golfo de California a través de cañadas hasta de 1000 m de profundidad, que parte en dos la Sierra Madre Occidental, en una longitud estimada de 540 km desde su nacimiento en el río Saucedo en el estado de Durango hasta su desembocadura en el Océano Pacífico en el estado de Nayarit y una superficie drenada cercana a tres millones de hectáreas (Figura 1).

La importancia de este río, no sólo deriva de su volumen de escurrimiento que se estima en 3,417 millones de m³, con la que se irriga una superficie cercana a 40,000 ha en los estados de Durango y Nayarit; recarga de acuíferos como el del Valle del Guadiana, del que se provee agua para cerca de 800,000 habitantes, sino también por su rica biodiversidad, maximizada en Marismas Nacionales, considerado el ecosistema de manglar más extenso en el Pacífico mexicano (Valdez Hernández, 2020); así como, por su importancia histórica para los grupos étnicos, que dependían directamente de su cauce para la provisión de alimentos y actualmente, por el desarrollo de otras actividades económicas establecidas en zonas aledañas a los tributarios y cauce principal de este sistema hidrológico (WWF-Fundación Gonzalo Río Arronte, 2010a).

Como gran parte de los sistemas hidrológicos en México, el RSPM, enfrenta serias amenazas para su conservación y para la estabilidad de sus diversos ecosistemas presentes en todo su

¹Investigador INIFAP CENID-RASPA

²Jefe de Operación INIFAP CENID-RASPA

³Asistente de investigación INIFAP CENID-RASPA

⁴Universidad de Arkansas

gradiente altitudinal y latitudinal, debido a la amenaza de obstruir el flujo natural mediante la construcción de una presa hidroeléctrica, que evitaría su libre flujo hasta el océano Pacífico (Rea *et al.*, 2014). Una de sus porciones más afectadas en término de contaminación y disponibilidad de caudal, se ubica cerca de sus orígenes, ya que uno de sus tributarios conocido como río Durango, después de pasar por la zona urbana y conurbada de la ciudad de Durango y recoger las descargas de aguas residuales municipales, e integrar a su caudal, las aguas tratadas de industrias de transformación y desechos agroquímicos derivados de explotaciones agrícolas en las zonas de riego, afecta la calidad y disponibilidad hídrica en el cauce del río, cuyo volumen llega ser nulo en ciertas épocas del año, donde un tramo de la corriente, se encuentra completamente seco, por la ausencia de flujo base y la captación de escurrimientos de sus tributarios en grandes represas, lo que impacta el funcionamiento del ecosistema ripario, particularmente en sitios de bosque de galería dominados por ahuehuete o sabino (*Taxodium mucronatum* Ten.), en los que se observan transectos con arbolado seco o en estado crítico de sobrevivencia (WWF Fundación Gonzalo Río Arronte, 2008; Villanueva *et al.*, 2013a). Esta problemática se evidencia en el transecto ubicado en el tramo “Primero de Mayo-Saltito-Estación Hidrométrica El Saltito”, que se ubica a no más de 40 km en línea recta, partiendo del centro de la Cd. de Durango. Esta área es de particular importancia, ya que en ella se localizan los individuos de ahuehuete o más longevos detectados en más de 200 km de este sistema hidrológico (Villanueva *et al.*, 2011). Estos individuos se ubican a orillas de remansos o cuerpos de agua, semejantes a piscinas o albercas hasta de 300 m de longitud y alrededor de 60 m de anchura, o bien en pequeños islotes que se forman dentro de estos remansos, que interconectan y permiten la continuidad del bosque de galería. La formación de anillos de crecimiento de los especímenes de ahuehuete en estos sitios, que poseen generalmente agua permanente, se debe a que a pesar de que los individuos de ahuehuete tienen una porción radical arraigada en el cauce principal, otra porción se encuentra en el margen del río fuera del lecho saturado, donde su crecimiento anual depende de la cantidad de agua almacenada en el suelo. Por otra parte, aun considerando que el sistema radical estuviera por completo sumergido en el caudal, la nula o mínima circulación del agua abate la disponibilidad

de oxígeno y detiene el crecimiento, dando paso a la formación de un anillo anual como sucede con *Taxodium distichum*, que habita áreas pantanosas en la costa sur de los EUA (Keeland y Young, 1997).

En este folleto, se discute las causas potenciales de la presencia de especímenes centenarios y milenarios en esos remansos y las acciones que podrían implementarse para la conservación de estos sitios, de belleza escénica singular y en cuyos anillos de crecimiento anual, se registra la historia de siglos pasados, que pueden develarse mediante su datado anual, y que sirven para analizar la variabilidad hidroclimática a nivel anual y multianual y las tendencias en el clima que pudieran ocurrir en años venideros.

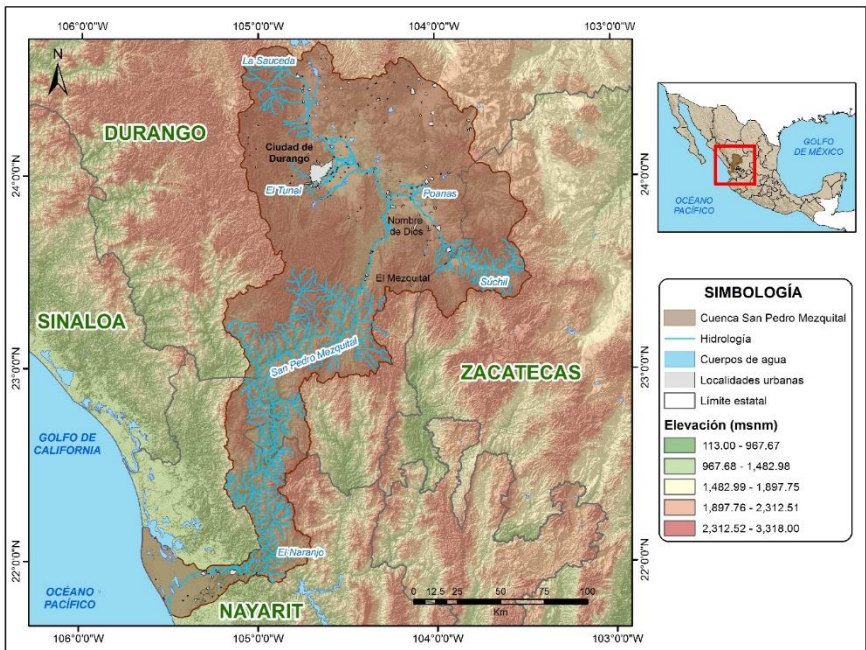


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río San Pedro Mezquital en los estados de Durango y Nayarit.

Causas de formación de remansos, albercas o cuerpos de agua en el río San Pedro Mezquital

La formación de remansos naturales en cauces de ríos perennes como el del río San Pedro Mezquital, se debe a la sinuosidad del cauce, también conocidos como meandros, los cuales se han formado a través de miles de años, debido al proceso erosivo de las corrientes durante grandes avenidas y que permiten la presencia de tramos en el río, donde el agua es más profunda y la velocidad de la corriente se hace menor; además, la corriente en estos sitios yace sobre un sustrato de material fino como limo, mientras que, en la parte interna del meandro o curvatura, se produce la acumulación de grava (Jang y Shimizu, 2007; Bill *et al.*, 2018). El desprendimiento de ramas o de árboles completos forma con frecuencia barreras u obstrucciones, que, al entramarse con otro material de menor grosor, troncos de árboles vivos y sedimentos de rocas o inclusive de basura arrastrada por la corriente, constituyen barreras filtrantes que obstruyen el libre flujo del agua y favorecen la formación de pequeñas albercas temporales, las cuales desaparecen con las grandes avenidas, pero que en lapsos efímeros constituyen sitios para la propagación de insectos o de otras especies acuáticas, útiles en la cadena trófica de estos ecosistemas (Buffington *et al.*, 2002).

La presencia de remansos también se ve favorecida por hundimientos presentes en el cauce del río, atribuidos al efecto de procesos erosivos o hundimientos o desgaste del material geológico, que en este caso, se encuentra dominado por rocas ígneas extrusivas de origen volcánico (riolitas y tobas) de coloración oscura y desgastadas por el efecto erosivo del agua, que en la parte final del remanso forman barreras de rocas, que limitan la circulación del agua y que también favorecen la formación de estos cuerpos de agua, donde la velocidad del flujo se reduce o es mínimo.

A estos cuerpos de agua generalmente les continúa un segmento del cauce, también conocidos como “rápidos” con menor profundidad, donde la velocidad del flujo es mayor, lo que incrementa su turbulencia; situación que favorece también una mayor disponibilidad de oxígeno disuelto (Figura 2).

En el caso específico del transecto de estudio, la permanencia de estos cuerpos de agua parece ser ocasionado por una combinación

de estos factores, que independientemente de su formación, constituyen sitios con una alta diversidad de vida acuática y terrestre, situación común en muchos de los sistemas hidrológicos del mundo (Benke y Wallace, 2003). De esta manera, en los diversos ecosistemas presentes el RSPM, se han reportado más de 350 especies de fauna, de las cuales 40% son migratorias; 112 especies de mamíferos, 83 especies de peces y 80 de reptiles y anfibios (WWF Gonzalo Río Arronte, 2010b). Esta condición, sin embargo, se encuentra en peligro de desaparecer por los cambios originados por actividades humanas, donde la contaminación de la corriente principal y de sus afluentes constituye uno de los problemas principales, que, sin embargo, para darle solución requiere de un esfuerzo conjunto que involucre a las autoridades estatales, federales y a la sociedad en general.

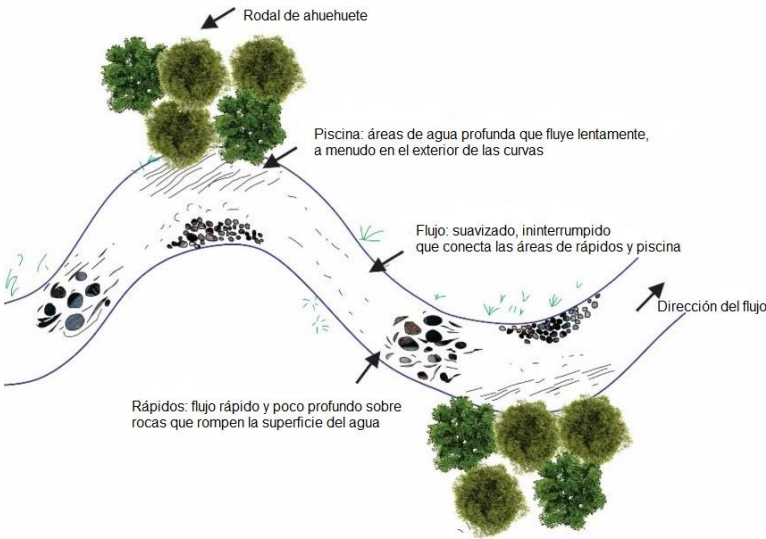


Figura 2. Esquematación de la formación de piscinas en el río San Pedro Mezquital y ubicación de poblaciones de ahuehuete.

Otro origen de la formación de remansos, se debe al efecto erosivo del agua al caer de grandes alturas, donde el desnivel del cauce da pie a caídas súbitas (cascadas), como es el caso del paraje El

Saltito, donde el agua se precipita de una altura aproximada de 30 m (Figura 3); situación similar ocurre aguas arriba de este sitio, donde existe otra formación similar, pero de menor altura de caída (Figura 3).



Figura 3. Formación de cuerpos de agua en el río San Pedro Mezquital, debido a la caída y efecto erosivo del agua. La ilustración de la izquierda corresponde al paraje “El Saltito” y el de la derecha al paraje “Saltillos”; este último ubicado a 2 km aguas arriba del primer paraje.

Importancia de los bosques de galería con ahuehuate en el Río San Pedro Mezquital

El ahuehuate es una de las especies representativas más importantes de los bosques de galería en México, por su trascendencia histórica y cultural; así como por las características ecológicas y de belleza escénica que le confiere a los sitios donde se desarrolla, ya que además de estabilizar los márgenes de las corrientes perennes o intermitentes, a través de una red de raíces principales y secundarias entrelazadas con individuos cercanos, con los que es capaz de fusionarse e integrar individuos corpulentos, difíciles de desenraizar aun con avenidas extraordinarias; muestra una serie de beneficios adicionales, que en condiciones naturales favorecen la biodiversidad, captura de carbono, filtrado de contaminantes, recarga de mantos freáticos y el mantenimiento de un flujo cristalino y de calidad idóneo para la vida acuática y terrestre (Villanueva *et al.*, 2011).

Aunque gran parte de la trayectoria del RSPM posee condiciones ecológicas favorables para el desarrollo del ahuehuete, los sitios más emblemáticos y con árboles más longevos se presentan en los remansos de agua, donde la velocidad del flujo se minimiza y la disponibilidad de agua se incrementa, lo que genera condiciones más favorables para una mayor diversidad de fauna acuática y terrestre y lo que permite que el dosel del arbolado de ahuehuete tenga mayor continuidad; de ahí la importancia de resaltar estos sitios para su conservación.

Clasificación taxonómica y distribución geográfica del ahuehuete

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*”, 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).

Estudios relativamente recientes aseguran que *Taxodium mucronatum* es la misma especie que *Taxodium distichum*, esta última distribuida en la costa del este de los Estados Unidos de América; por lo que la especie en México se debe clasificar como *Taxodium distichum* var. *mexicanum* (Denny y Arnold, 2007). Independientemente de lo anterior, para evitar confusiones, en este documento, la clasificación taxonómica del ahuehuete se mantiene sin modificaciones conforme a su descripción original; es decir, clasificado dentro del Reino Plantae, División Phynophyta, Clase Pinopsida, Orden Cruipressales, Género *Taxodium* y Especie *mucronatum* (Martínez, 1963).

En término de distribución, el ahuehuete está presente en gran parte del territorio nacional, exceptuando las penínsulas de Baja California y de Yucatán y su distribución se extiende hasta el vecino país de Guatemala (Martínez, 1963). Sus poblaciones, sin

embargo, se encuentran en franco deterioro, particularmente debido a problemas de contaminación de los principales sistemas hidrológicos del país, debido a su carácter riverero, independientemente de los daños originados por la ganadería que, al consumir la regeneración, particularmente el ganado caprino y al compactar los márgenes de las riveras, causa erosión, y contamina las corrientes. Actos vandálicos (cortes de ramas, raíces, heridas al fuste principal) e incendios intencionales aceleran su decaimiento (Villanueva *et al.*, 2013a) (Figura 4),



Figura 4. Pastoreo intensivo de ganado en los márgenes del río (izquierda), e incendios intencionales de árboles de ahuehuate (derecha). La confinación del ganado en ciertas áreas de los márgenes del río, produce compactación del suelo, daño a las raíces del arbolado y contaminación del agua por desechos orgánicos.

Ubicación del área de estudio

A lo largo del trayecto del río San Pedro Mezquital se encuentra la presencia de remansos, el área con mayor número de ellos, se ubica en un transecto que inicia en un paraje del cauce principal cercano a los ejidos “Primero de Mayo” e “Independencia y Libertad” y termina en el paraje “El Saltito”, entre las coordenadas geográficas 24° 01'02” latitud norte, 104° 19 46” longitud oeste y 23° 56' 28.6” latitud norte y 104° 18' 41” longitud oeste (Figura 5).

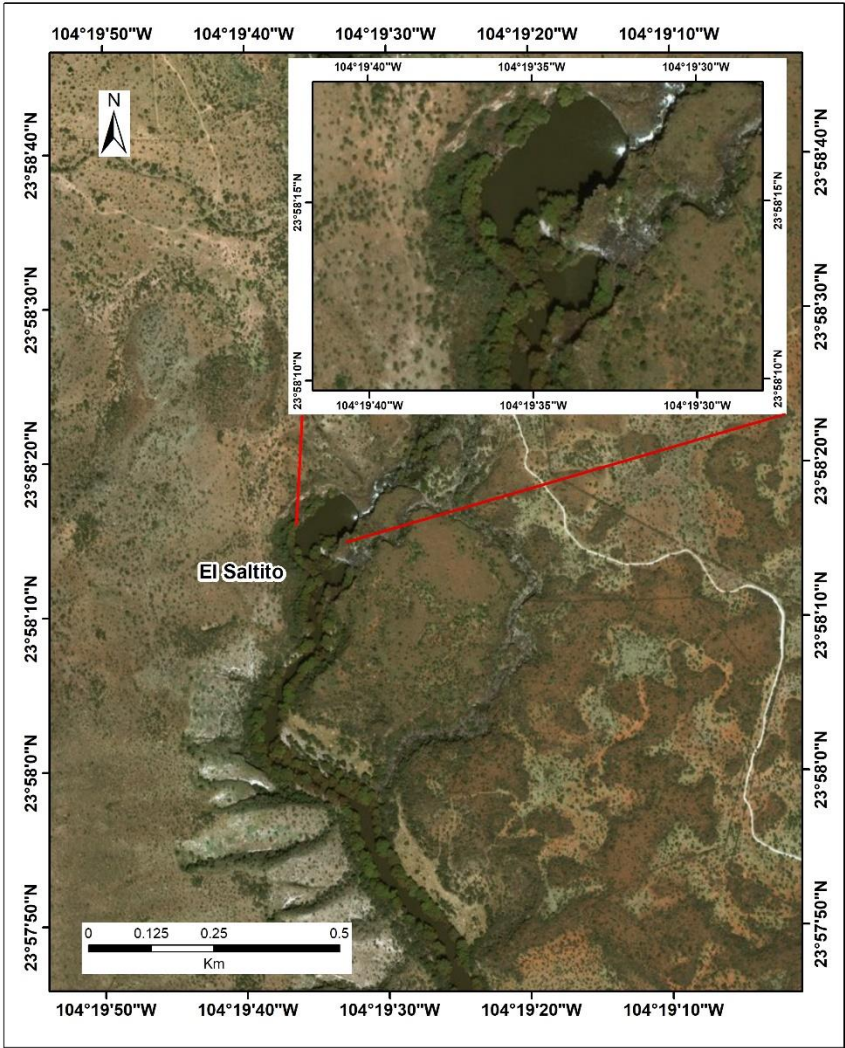


Figura 5. Localización geográfica del Saltito, un paraje con una cascada de agua, el cual constituye uno de los principales cuerpos de agua de alto valor ecoturístico en el cauce del río San Pedro Mezquital.

La separación entre estos parajes es de aproximadamente 9.0 km en línea recta y de 13.6 km siguiendo la sinuosidad del cauce

(Figura 6). En este tramo del río, se ubican alrededor de 9 remansos, que son sitios de excepcional belleza escénica, notorio por el verdor de la vegetación y por la dominancia de árboles imponentes y añejos de ahuehuete, algunos de los cuales pueden alcanzar el milenio de vida y que crean un microclima especial, que favorecen una gran diversidad de fauna silvestre y de vida acuática, no obstante, que la calidad del agua, constituye una limitante para expresar su potencial escénico; ya que en el período de estiaje (octubre-junio), el agua presenta una coloración café oscuro y despiden un olor a drenaje, que le imprimen los desechos industriales y urbanos que en él se vierten.

La importancia ecológica de estos parajes para la dinámica de la especie, se puede interpretar como una fuente de germoplasma para repoblar sitios en los márgenes del río donde se ha removido individuos ya sea por disturbios naturales o por acciones humanas. En términos hidrológicos, la presencia de estos remansos y formación de albercas aguas abajo de las cascadas, disminuye la velocidad del agua y aminora el daño al arbolado durante grandes avenidas; situación que es importante para que los árboles permanezcan en el bosque de galería por más tiempo.

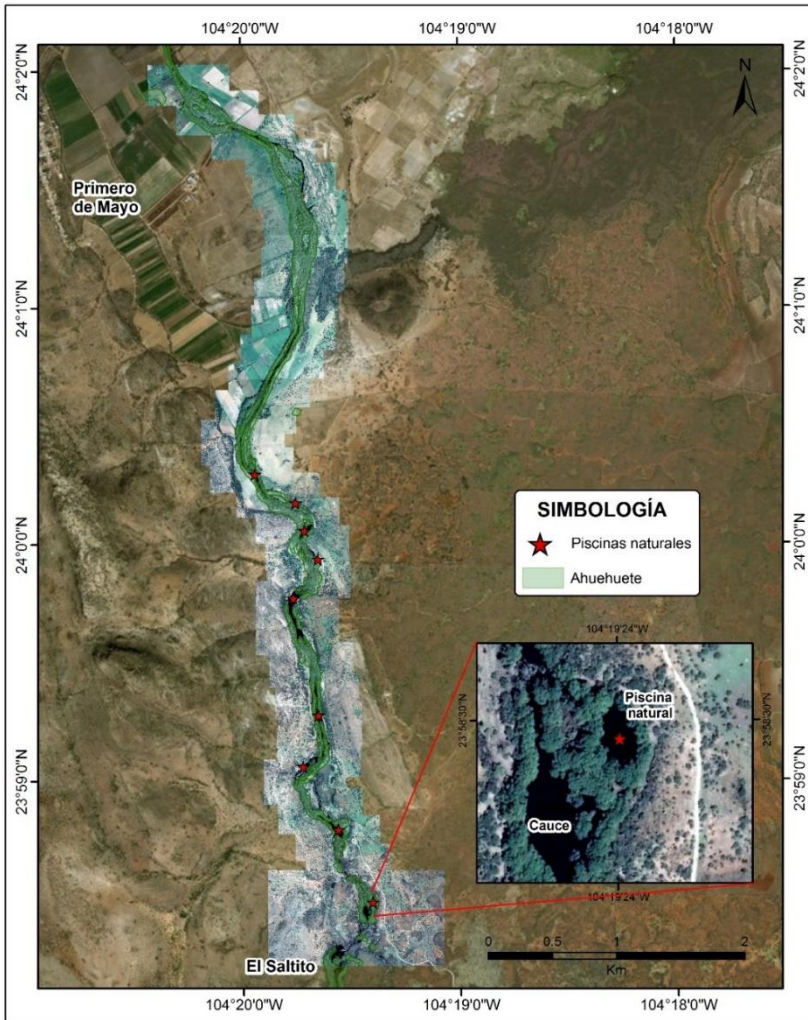


Figura 6. Ubicación geográfica de cuerpo de agua en el tramo “Primero de Mayo-Saltito”, en el río San Pedro Mezquital, donde han sido detectadas nueve remansos naturales con presencia de árboles centenarios y milenarios.

La presencia de remansos en el RSPM se prolonga aguas abajo del paraje “El Saltito” hasta la población de Nombre de Dios y

continúa hasta el poblado del Mezquital, donde el bosque de galería de ahuehuete aparece ya discontinuo y en la que especies semitropicales inician a ser dominantes. Aunque estudios previos, no indican la presencia de árboles tan longevos en estos sitios, esta condición, no limita su importancia ecológica o demerita la belleza escénica que posee el bosque de galería en esta parte de RSPM (Villanueva *et al.*, 2013b).

Características morfológicas que definen la longevidad de especímenes de ahuehuete

Existe la creencia generalizada de que los árboles más añejos, no solamente de ahuehuete, sino también de otras especies arbóreas, lo conforman aquellos individuos vigorosos de enormes dimensiones, con características morfológicas sobresalientes, como altura, diámetro de tronco, cobertura, tamaño de ramas, entre otras variables dasométricas, que los hace superiores sobre otros individuos de la misma especie, creciendo en condiciones ecológicas similares. Esta visión de longevidad, no es del todo acertada, ya que la edad de un árbol, depende de una serie de factores extrínsecos e intrínsecos, entre los que destaca la densidad poblacional, supresión de crecimiento por la competencia a la que se ha visto sujeta el individuo a lo largo de su vida, disponibilidad de agua, nutrientes, presencia de eventos hidroclimáticos extremos, afectación por incidencia de tormentas eléctricas, ventarrones, influencia de plagas y enfermedades; entre otros factores bióticos y abióticos. Un árbol de ahuehuete puede ser más longevo si se encuentra arraigado en sitios con diversos factores limitantes para su crecimiento, como son limitada disponibilidad hídrica, baja oxigenación del agua, pobre fertilidad de suelo, alta competencia con árboles vecinos (problemas de supresión), entre otros factores. En contraposición, un árbol en el que los factores limitantes son mínimos, puede alcanzar su máximo potencial de crecimiento en un tiempo relativamente corto; así, por ejemplo, árboles vigorosos arraigados en sitios fértiles y aislados, pueden alcanzar alturas superiores a 20 m y lograr diámetros superiores a 100 cm entre 70 a 100 años (Villanueva *et al.*, 2010). Las características anatómicas de un árbol longevo de ahuehuete se fundamentan tanto en la apariencia física del árbol (fenotipo) como en las condiciones ecológicas del micrositio donde se

desarrolla. Los árboles añejos son aquellos con diámetros de tronco promedio en comparación a los individuos más corpulentos, su copa es plana, con limitado número de ramas principales, que son gruesas y colgantes, algunas muertas, característico de muerte descendente o regresiva; muestra ramas torcidas (espiraladas), particularmente en la parte superior, al igual que en el fuste principal, presencia de corteza gruesa, algunas veces con signos de desprendimiento, otras lisa y con cambios en su coloración, que en ciertos individuos tiende a ser grisácea o blanquecina y en sitios más húmedos se encuentra tapizada por musgos, líquenes y orquídeas (Villanueva *et al.*, 2010; Stahle *et al.*, 2019). Es común que, en las copas de algunos ahuehuetes, como jardines aéreos, se desarrollen diversas especies de cactáceas, agaves, orquídeas, muérdago o de otras especies epífitas, que aprovechan la acumulación de materia orgánica acumulada en las partes bajas del tronco durante las grandes avenidas, o bien derivado de la descomposición de ramas y de la misma corteza y acumulación de agua entre las oquedades y uniones de las ramas. De todas estas características, el espiralado de ramas y del fuste es un indicador inequívoco de longevidad para esta especie y esta longevidad será mayor, conforme esta característica es más intensa y se encuentra presente en la mayor parte de las ramas y fuste principal del árbol (Figura 7).



Figura 7. Individuos de ahuehuate con grano espiralado. Nótese la torcedura en contra de las manecillas del reloj (grano con torsión a la derecha). En la porción de la izquierda, se muestra un individuo con el fuste completamente espiralado y a la derecha un árbol donde se observa la torsión de ramas principales.

La causa del grano en espiral en especies arbóreas parece tener diversas explicaciones, una de las más aceptadas es que mediante este mecanismo, una raíz individual puede conducir agua y minerales hacia todas las ramas del árbol, en contraposición a un grano en posición vertical, donde la conducción se limita únicamente en la dirección donde se encuentra la rama; la misma situación se aplica a la savia, que mediante este mecanismo, se transporta lateral y verticalmente hacia todos los tejidos, incluyendo las raíces del árbol (Kubler, 1991).

La dirección del espiralado puede ser en sentido de las manecillas del reloj (derecho) o en contra (izquierdo) y esta dirección puede cambiar en el trascurso de la vida de la planta, dependiendo de las especies, su posición con respecto a la vertical, cuestiones genéticas y dirección dominante de los vientos (Skatter y Kucera, 1998); en el caso particular del ahuehuate, la torsión más común ocurre en dirección izquierda (contrario a las manecillas del reloj), lo cual se especula es debido a la rotación de la tierra (efecto coriolis), ya que en el hemisferio norte, los ciclones giran en sentido contrario a las manecillas del reloj; mientras que en el hemisferio sur, la

rotación es en sentido de las manecillas (Schulgasser y Witztum, 2007). No obstante, la formación de grano en espiral, no se presenta en arbolado joven y la causa más común a la que se atribuye su formación es el estrés al que se ven sujetos los individuos durante su desarrollo; por ejemplo, el estrés causado por el efecto de una dirección dominante de los vientos, que hace que el árbol muestre una copa asimétrica; mientras que la muerte de raíces o estrés hídrico por competencia pudiera ocasionar que el ahuehuete forme grano en espiral, tanto en ramas como en el fuste principal, para asegurar de esta manera, el suministro de agua y nutrientes a todos sus tejidos y así su permanencia en el ecosistema y alcance la longevidad que lo caracteriza.

Causas probables de la longevidad de ahuehuetes en sitios con formación de remansos

Las causas de longevidad de los árboles son muy diversas y algunas características de longevidad son propias de cada especie, como, por ejemplo, la retención de células del tallo como células meristemáticas, después de cada ciclo de crecimiento, la habilidad para reemplazar órganos dañados, con poco vigor o muertos y la presencia de un sistema vascular que permite a una porción del árbol sobrevivir; habilidad para sintetizar compuestos de defensa, independencia en la formación de ramas y otros tejidos vegetales, entre otras características (Lanner, 2002). La heterogeneidad genética dentro de un organismo proporciona también ventajas adaptativas para tolerar el impacto de plagas y enfermedades. En encinos, por ejemplo, se encontró que la acumulación y transmisión de mutaciones somáticas generadas durante la división mitótica de las células del tallo presentes en los meristemos apicales, proporciona resistencia a enfermedades (Plomion *et al.*, 2018). En el caso del ahuehuete, existe muy poca información que explique su longevidad y algunos estudios realizados en el sureste de los EUA con *Taxodium ditichium*, especie que aparentemente es la misma, lo atribuyen a cuestiones de baja disponibilidad en ciertos nutrientes, limitada fertilidad en general, pH, condiciones permanentes de inundación y tolerancia a condiciones salinas (Stahle y Cleaveland, 1992; Thomas *et al.* 2015; Stahle *et al.*, 2019). En México, la presencia de individuos longevos parece deberse a las mismas causas, ya que los individuos con mayor edad

se encuentran en suelos de pobre fertilidad, ocasionalmente en suelos yesíferos y un manto freático superficial, o bien en suelos someros, arraigados a la roca madre. Algunos individuos de ahuehuete en el país, logran edades superiores a 1500 años de edad (Villanueva *et al.*, 2010); esto en contraposición a su pariente cercano (*Taxodium distichum*), que alcanza más de 2600 años de longevidad (Stahle *et al.*, 2012; Stahle *et al.*, 2019).

El ahuehuete por ser una especie, cuya totalidad o parte de su sistema radical se encuentra en corrientes permanentes o semipermanentes, requiere de ciertas adaptaciones fisiológicas para su desarrollo; entre ellas, que parte de su sistema radical se encuentre fuera de los bancales o márgenes de ríos donde puede disponer de agua almacenada en el perfil del suelo y más fácilmente aprovechable (Villanueva *et al.*, 2020); la fusión de raíces con individuos cercanos y la presencia de protuberancias o rodillas en sitios inundados o empantanados parece estar relacionado con favorecer un mejor anclaje al árbol o bien como sistemas de aireación, que facilita el intercambio de oxígeno y bióxido de carbono con el sistema radical y la absorción de nutrientes, (Matton, 1915; Briand, 2000;). De esta manera, rodillas de mayor tamaño, proporcionan un mejor anclaje del árbol y su dimensión se relaciona con las condiciones de suelo y ecológicas donde se desarrolla la especie. La cual también se caracteriza por desarrollar enormes contrafuertes en el fuste principal (Walsh y Dawson, 2014), lo que aunado a un sistema masivo de raíces entrelazadas con las de individuos vecinos, le permite al árbol distribuir el peso en una mayor superficie basal y, por ende, asegurar su permanencia en los márgenes de las corrientes y no ser derribado durante grandes ventarrones o fuertes avenidas, que son comunes en muchos de los sistemas riparios de nuestro país; situación que también puede derivar de la remoción del bosque para aprovechamiento forestal o por incremento en la frontera agrícola, sobrepastoreo, entre otras causas (Figura 8).



Figura 8. Sistema masivo de raíces de ahuehuate al integrarse las raíces de individuos cercanos (izquierda) e individuo con presencia de contrafuertes (derecha).

Cuando la disponibilidad hídrica no constituye un factor limitante en el desarrollo del árbol, la relación entre precipitación y crecimiento es indirecta; incrementos en precipitación resultan en un incremento de flujo de agua a través de la zona radical y mayor disponibilidad de nutrientes, debido a cambios en pH y temperatura, que favorece mayor intercambio catiónico de ciertos iones y por ende mayor crecimiento anual (Turner y Patrick, 1968; Pezeshki y Santos, 1998). Mayores incrementos radiales se han observado durante grandes avenidas en poblaciones de ahuehuate de Barranca de Amealco, Querétaro (Suzan-Aspiri *et al.*, 2007), cuyo incremento pudiera atribuirse a mayor disponibilidad de humedad y una mayor oxigenación del agua. La respuesta a la disponibilidad hídrica se ha aprovechado para analizar la influencia de fenómenos climáticos de amplio impacto en Mesoamérica (Stahle *et al.*, 2011), y el análisis histórico de sequías mediante el índice de severidad de sequía de Palmer (Stahle *et al.*, 2016), reconstrucciones de precipitación y de flujo en sistemas hidrológicos importantes del país (Osorio-Osorio *et al.*, 2020; Villanueva *et al.*, 2020).

Con estudios dendrocronológicos se ha determinado mayores incrementos en el anillo anual derivados de mayores volúmenes de lluvia estacional invierno-primavera, lo que le permite al árbol hacer uso del agua almacenada en el perfil del suelo fuera del cauce principal, pero este efecto pudiera ser sinérgico con una mayor oxigenación del agua en el cauce principal y de esta manera

coadyuvar a mejorar el crecimiento radial del árbol (Villanueva *et al.*, 2007; Villanueva *et al.*, 2020).

En el Río San Pedro Mezquital los árboles más vigorosos se encuentran en sitios con una adecuada disponibilidad hídrica y excelente fertilidad derivada de la provisión de sedimentos ricos en nutrientes depositados en ciertos espacios de los márgenes del río durante avenidas extraordinarias; en estos sitios, sin embargo, el arbolado no alcanza grandes edades, ya que la desviación de la corriente por nuevas avenidas deja muchas veces a estos individuos, aislados del cauce principal y con una limitada disponibilidad hídrica, lo que los hace propensos a una muerte prematura.

La presencia de especímenes longevos, aunque pareciera ser más común en transectos del río con la presencia de remansos, también se presenta en sitios dispersos a lo largo del río, en el que se ubican individuos protegidos por barreras naturales como pueden ser formaciones rocosas, donde el arrastre por la corriente de rocas durante las grandes avenidas, no daña el fuste principal del árbol o bien constituyen barreras cortafuegos, otros sitios son cañones angostos, donde los árboles crecen lentamente por limitaciones de suelo, fertilidad y disponibilidad hídrica, pero donde los árboles adquieren protección por la presencia masiva de rocas, lo que dificulta también la intervención humana, situación que favorece la longevidad de los especímenes de ahuehuate arraigados en esos sitios (Figura 9).



Figura 9. Individuos de ahuehuete establecidos sobre un sustrato rocoso y protegidos por el talud de rocas de daños ocasionados por crecidas del río (izquierda) y ubicado en el extremo de un remanso, donde sufre menor daño por las embestidas de la corriente.

Como determinar la edad de especímenes de ahuehuete

El ahuehuete es una especie que forma anillos anuales debido a su carácter caducifolio, pero esto ocurre también en regiones donde la especie muestra un comportamiento semi-caducifolio, como es el caso de poblaciones presentes en los Estados de Veracruz, Jalisco, Oaxaca y Chiapas. La obtención de una secuencia de anillo de crecimiento se realiza con una barrena especial conocida como barrena tipo Pressler, que comercialmente se consigue en diversas longitudes y diámetros, aunque los más comunes son de 5.1 y 12.0 mm de grosor y con dos y tres hilos. Dependiendo del diámetro o del radio del árbol es el tamaño que se debe de usar para obtener la muestra o núcleo de crecimiento, lo ideal es que llegue al centro del árbol o inclusive que se extienda un poco más allá. La muestra generalmente se obtiene a la altura del pecho (1.35 a 1.40 cm a partir del nivel del suelo), de una porción sólida del fuste principal del árbol que no presente pudriciones, quemadura u otros daños físicos (Figura 10). El conteo de los anillos de crecimiento debe realizarse en una superficie perfectamente pulida donde se resalte el inicio y terminación de cada anillo anual. Al conteo de los anillos en el núcleo de crecimiento, se debe agregar otra cantidad de años, que son los que le tomó al árbol para alcanzar la altura de muestreo (altura de pecho); así mismo, debido a que algunas muestras se desvían del centro, se debe de realizar un ajuste y determinar el número de años que se perdieron debido a esta situación. Finalmente, la edad estimada del árbol estará dada por la cantidad de años presentes en el núcleo de crecimiento, más el número de años en el radio faltante (cuando la muestra no alcanza el centro del árbol), más el número de años estimado cuando la muestra se desvía del centro del árbol y más el número de años que requirió el árbol para alcanzar la altura donde se obtuvo la muestra. Este procedimiento sólo da una aproximación de la edad de un árbol de ahuehuete y la edad real es difícil de determinar, excepto en aquellos casos de

plantaciones, cuando se conoce la fecha de establecimiento de los individuos (Villanueva *et al.*, 2003).



Figura 10. Toma de muestras o núcleos de crecimiento con taladro de Pressler. La edad del árbol, generalmente se determina a la altura del pecho. En el lado izquierdo, se representa la extracción de un núcleo de crecimiento a la altura del pecho y generalmente en árboles longevos, se obtienen al menos tres muestras por árbol, como se observa en la porción de la figura en el lado derecho.

Comportamiento de los incrementos anuales a través del tiempo en especímenes de ahuehuete

Los incrementos anuales del ahuehuete o anillos de crecimiento muestran una tendencia a disminuir conforme el árbol se hace más longevo, la explicación de este comportamiento, se debe a que el árbol tiene que distribuir un volumen de madera en una superficie cada vez mayor del tronco, por lo que, en la mayoría de las especies, los crecimientos son de mayor tamaño al inicio de la vida de un árbol que al final; no obstante que, el volumen del área basal sigue siendo mayor, por lo que puede constituir un parámetro para analizar crecimiento a través del tiempo. El impacto más severo en los crecimientos del ahuehuete ocurre debido a una disponibilidad hídrica menor, derivado de la captación de agua en grandes represas o bien a la desviación de volúmenes de agua con fines agropecuarios; este problema se agudiza con la contaminación del agua, que de igual forma, produce un efecto negativo en los

crecimientos y en el vigor y en la sanidad del árbol, al limitar la disponibilidad de oxígeno disuelto y modificar el pH del agua. Este efecto parece que se ha agudizado de 1990 a la fecha, donde los árboles muestran una reducción en crecimiento (Figura 11), que puede ser atribuido a esta condición de disponibilidad hídrica y de contaminación, lo que además de reducir el crecimiento, está provocando la muerte masiva de individuos en sitios específicos del río, aunque esta problemática es común en gran parte del bosque de galería presente en el RSPM.

El problema de contaminación a lo largo del RSPM, incluyendo los remansos de agua, parece haberse incrementado en las décadas de 1980 y 1990, donde los habitantes de poblaciones aledañas al cauce del río mencionan un incremento en la contaminación del río y mortandad de ganado al beber el agua directamente del caudal (Hernández, 2010). La condición ecológica deseada previó a la década de 1980, difícilmente puede hacerse efectiva sin una interacción entre organismos gubernamentales y la sociedad.

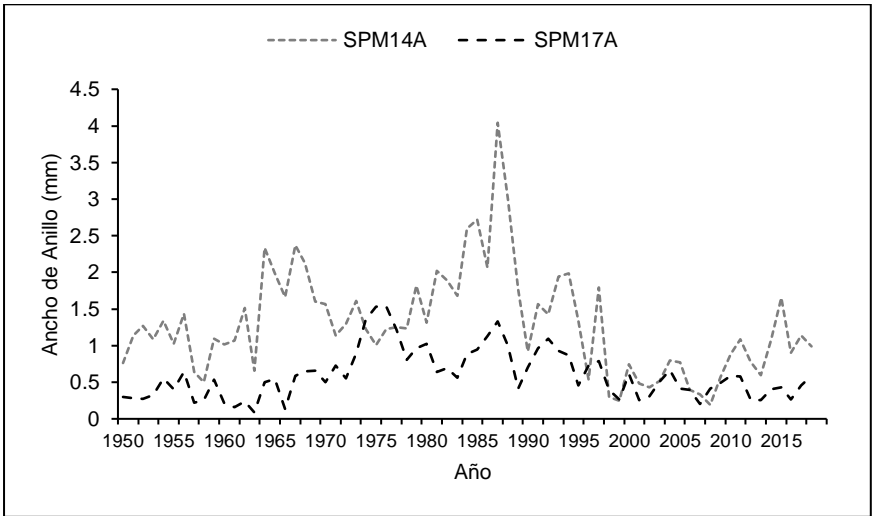


Figura 11 Comportamiento del crecimiento anual de dos individuos de ahuehuete muestreados en remansos de agua del transecto “Primero de Mayo-Saltito”, para el período 1950 - 2019. Se observa en estos individuos, que el crecimiento a partir de 1990 tiene una tendencia a reducirse, no obstante que la disponibilidad hídrica es

comparativamente mayor en estos remansos en comparación a sitios donde el volumen de flujo es mínimo o nulo.

Importancia de conservar las poblaciones de ahuehuate en los remansos del río San Pedro Mezquital

Las poblaciones de ahuehuate presentes en los remansos del RSPM constituyen verdaderos relictos de árboles centenarios y milenarios, que difícilmente se pueden encontrar en otros transectos del RSPM o inclusive en otros bosques de galería con ahuehuate en el país. Los árboles ahí presentes dan lugar a un microclima especial, que favorece la propagación de insectos y de otras fuentes de alimento para aves, especies acuáticas y otros mamíferos de mayor tamaño; además de constituir sitios de anidamiento y abrigo de fauna silvestre, ya que las oquedades de los troncos principales o ramas gruesas, se utilizan como sitios de anidamiento, guaridas o refugios temporales de diversas especies de aves o de mamíferos. La belleza escénica de estos sitios es indescriptible y la sensación de tranquilidad sólo se puede describir cuando se está físicamente en esos parajes

Los remansos que de manera natural se han formado a través de miles de años y que fueron repoblados paulatinamente por ahuehuetes, constituyen hábitats de gran importancia ecológica, que amerita su conservación. Estos sitios, sin duda alguna pudieran constituir lugares de recreo y de contemplación para los habitantes de la ciudad de Durango, que a menos de una hora de distancia estarían disfrutando de estos parajes de encanto natural. La condición actual, de estos sitios; sin embargo, no es la más deseada, ya que es evidente el problema de contaminación, que puede en un futuro cercano acelerar la degradación y desaparición de estos parajes; si ahora no se toman las medidas pertinentes para evitarlo.

Documentos históricos señalan que, en siglos pasados, el agua que circulaba por esta corriente era de carácter cristalino y constituía el hábitat de una gran diversidad de vida acuática, que era utilizada como fuente de alimento por asentamientos prehispánicos y actualmente por comunidades rurales; aunque muchos de los árboles longevos aún persisten, se observa el deterioro de su hábitat, que augura un futuro nada halagüeño para este ecosistema.

La formación de piscinas artificiales en cauces naturales se promueve con fines de recreación y como un negocio altamente redituable en diversos países de Europa, donde en ciertas partes del cauce, se instalan estructuras removibles que sirven para detener el flujo del agua y formar remansos de agua apacibles y de mayor profundidad, donde los paseantes pueden bañarse y disfrutar la naturaleza; esto no es necesario en el RSPM, donde remansos naturales hasta de cerca de 300 m de longitud se encuentran ubicadas a lo largo de su corriente y que se mantienen en esta condición a lo largo del año, pero que actualmente retienen agua contaminada, que limita no sólo la vida de los árboles de ahuehuete al disminuir su potencial de vida, sino también el funcionamiento de todos los procesos ecológicos que dan origen a esa biodiversidad y que caracterizan a las áreas riparias de sitios no contaminados, de los cuales ya quedan pocos en el país.

Las acciones requeridas para conservar estos sitios naturales de espectacular belleza escénica, deben de ser integrales e involucrar a la sociedad en general, desde instancias gubernamentales hasta las poblaciones urbanas y rurales. El mayor enfoque para mitigar esta problemática, debe orientarse hacia detener el proceso de contaminación del recurso hídrico, mediante el tratamiento de aguas residuales, favorecer un flujo o gasto ecológico que permita al ecosistema expresar su potencial de desarrollo (WWF-Fundación Gonzalo Río Arronte, 2009). En este tenor, existe una gran oportunidad de participación de empresas privadas establecidas en la región, para invertir en el tratamiento de aguas residuales como una acción de responsabilidad social, que permita la restauración y conservación, no sólo de estos sitios emblemáticos, sino también de todo el sistema hidrológico del RSPM.

De manera adicional es también importante restringir el libre acceso pastoreo de ganado en las márgenes del río, evitar que la basura llega al cauce y regular la extracción de agua para agricultura en terrenos aledaños al río, fomentar una educación ambiental a todos los niveles, que permitan tomar conciencia de la importancia de este río y establecer programas de reforestación y de conservación de sitios degradados. Estas acciones, seguramente serán benéficas y permitirán paulatinamente recuperar estos sitios, que históricamente favorecieron el desarrollo

de culturas prehispánicas y que son esenciales para el bienestar de la sociedad actual y futura.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el Apoyo otorgado a través de los proyectos FOINS, No. 2976/PN-2016-1 “Bosques de galería con ahuehuete (*Taxodium mucronatum* ten.): tasas de crecimiento y análisis de la variabilidad hidroclimática y antropogénica con fines de conservación”; proyecto del Fondo Sectorial de Investigación para la Educación No. 283134/CB 2016-1 “Red dendrocronológica mexicana: aplicaciones hidroclimáticas y ecológicas” y proyecto No. 1507126F “Dinámica poblacional de sabino o ahuehuete (*Taxodium mucronatum* Ten.) en la cuenca del Río san Pedro Mezquital financiado por la WWF-Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P.

LITERATURA CITADA

Benke AC, and J.B. Wallace. 2003. Influence of wood on invertebrate communities in 23 523 streams and rivers. In: Gregory SV, K.L. Boyer, and A.M. Gurnell (eds) The ecology and management of wood in world rivers. American Fisheries Society, Symposium 37, 525 Bethesda, Maryland, pp 149–177.

Bill, P., B. Demissie, J. Nyssen, G. Moges, and M. Fazzini. 2018. Meander hydromorphology of ephemeral streams: similarities and differences with perennial rivers. *Geomorphology* 19: 35-46. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.07.003>

Briand, C.H. 2000. Cypress knees: an enduring enigma. *Arnoldia* 60(4): 19-25.

Brown, C.A., G.N. Montz. 1986. Baldcypress: the tree unique, the wood eternal. Claitor’s Publishing Division, Baton Rouge, LA. 139 pp.

Buffington, J.M., T.E. Lielie, R.D. Woodsmith, and S. Hilton. 2002. Controls on the size and occurrence of pools in coarse-grained forest rivers. *River Research and Applications* 18: 507-531.

Denny, G.C. and M.A. Arnold. 2007. Taxonomy and nomenclature of baldcypress, pondcypress, and montezuma cypress: one, two, or three species?. *Hort. Technology* 17(1): 125 – 127.

Hernández Meléndez, S. 2010. Valoración económica ambiental del ecosistema ripario en la Cuenca alta del Río San Pedro-Mezquital. Tesis de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental. Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR, Durango. 105 p.

Jang, C.L. and Y. Shimizu. 2007. Vegetation effects on the morphological behavior of alluvial channels. *Journal of Hydrological Research* 45:763–772. <https://doi.org/10.1080/00221686.2007.9521814>.

Keeland, B.D. and P.J. Young. 1997. Long-term growth trends of baldcypress (*Taxodium distichum*) (L.) Rich.) at Caddo Lake, Texas. *Wetlands* 17(4): 559-566.

Kubler, Hans. 1991. Function of spiral grain in trees. *Trees* 5:125-135

Lanner, R.M. 2002. Why do trees live so long?. *Ageing Research Review* 4: 653-671. doi: 10.1016/s1568-1637(02)00025-9.

Little, E.L. Jr.1971. Atlas of the United States trees, Volume 1, conifers and important hardwoods. Miscellaneous publications 1146, 200 maps.

Martínez, M. 1963. Las pinaceas mexicanas. 3ª. Edición. Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México. México, D. F. 345 p.

Matton, W.R. 1915. The southern cypress. In: USDA Bulletin No. 272. Washington, D.C.

Osorio-Osorio, J.A., C.C. Astudillo-Sánchez, J. Villanueva-Díaz, L. Soria-Díaz, V. Vargas-Tristan. 2020. Reconstrucción histórica de la precipitación en la Reserva de la Biosfera El Cielo, México, mediante anillos de crecimiento en *Taxodium mucronatum* (Cupressaceae). *Revista de Biología Tropical*, 68(3), 818-832

Pezeshki, S. R., and M.I. Santos. 1998. Relationships among rhizosphere oxygen deficiency, 315 root restriction, photosynthesis, and growth in baldcypress (*Taxodium distichum* L.) seedlings. *Photosynthetica* 35, 381.

Plomion, C. et al. 2018. Oak genome reveals facets of long lifespan. *Nature Plants* 4 (7): 440-452. doi: 10.1038/s41477-018-0172-3.

Rea Rodríguez, C.R., L.A. Ceballos C. y B.A. Villaseñor P. 2014. Equilibrio sustentable y resistencia social en la cuenca del río San Pedro en Nayarit. *Desacatos* 47: 116-131

Schulgasser, K., and A. Witzum. 2007. The mechanisms of spiral grain formation in trees. *Wood Science and technology* 41: 133-156

Skatter, S. and B. Kucera. 1998. The cause of the prevalent directions of the spiral grain patterns in conifers. *Trees-Structure and Function* 12:265-273.

Stahle, D.W. and M.K. Cleaveland. 1992. Reconstruction and Analysis of Spring Rainfall over the Southeastern U.S. for the Past 1000 Years. *Bulletin of American meteorological Society* 73 (12): 1947-1961.

Stahle, D.W., D.J. Burnette, J. Villanueva-Díaz, R.R. Heim Jr., F.K. Fye, J. Cerano Paredes, R. Acuna Soto, M.K. Cleaveland. 2011. Pacific and Atlantic influences in Mesoamerican over the past millennium. *Climate Dynamics*: DOI 10.1007/s00382-011-1205-z.

Stahle, D.W., D.J. Burnette, J. Villanueva, J. Cerano, F.F. Fye, R.D. Griffin, M.K. Cleaveland, D.K. Stahle, J.S. Edmondson, K.P. Wolff. 2012. Tree-ring analysis of ancient baldcypress trees and subfossil Wood. *Quaternary Science Review* 34: 1-15.

Stahle, D.W., E.R. Cook, D.J. Burnette, J. Villanueva, J. Cerano, J.N. Burns, D. Griffin, B.J. Cook, R. Acuña, Max C.A. Torbenson, P. Sjezner, J.M. Howard. 2016. The Mexican drought atlas: tree-ring reconstructions of the soil moisture balance during the late pre-Hispanic, colonial, and modern eras. *Quaternary Science Review* 149: 34-60.

Stahle, D.W., J.R. Edmondson, I.M. Howard, C.R. Robbins, R.D. Griffin, A. Carl, C.B. Hall, D.K. Stahle, M.C.A. Torbenson. 2019. Longevity, climate sensitivity, and conservation status of wetland trees at Black River, North Carolina. *Environmental Research Communications* 1 (2019) 041002. DOI: 10.1088/2515-7620/ab0c4a.

Suzan-Aspiri, G. Enriquez-Peña, and G. Malda-Barrera. 2007. Population structure of the Mexican baldcypress (*Taxodium mucronatum* Ten.) in Queretaro, Mexico. *Forest Ecology and Management* 242: 243–249.

Valdez Hernández J I. 2020. Flora vascular de los manglares de Marismas Nacionales, estado de Nayarit. Version 1.7. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/bg0qbj>.

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.

Villanueva D. J, 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.

Villanueva Díaz, J., J. Cerano P., D.W. Stahle, V. Constante G., L. Vázquez S., J. Estrada A., J. de Dios Benavides S. 2010. Árboles longevos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(2): 1-23.

Villanueva Díaz, J., V. Constante G., J. Cerano P., M.M. Tostado P., J. Estrada A., D.W. Stahle. 2011. Árboles longevos de sabino (*Taxodium mucronatum* Ten.) en el río San Pedro Mezquital. INIFAP CENID-RASPA. Folleto Técnico No. 23. Gómez Palacio, Durango. 23 p.

Villanueva Díaz, J., V. Constante G., J. Cerano P., J. Estrada A., M. Tostado P. 2013a. Impacto de las represas en *Taxodium mucronatum* Ten. En el río San Pedro Mezquital, Durango. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 4(18):44-56.

Villanueva Díaz, J., V. Constante G., J. Cerano P., A.R. Martínez S., D.W. Stahle, J. Estrada A. 2013b. Fenología y crecimiento radial del sabino (*Taxodium mucronatum* Ten.) en el río San Pedro Mezquital, Durango. Folleto Técnico No. 27. INIFAP CENID RASPA, Gómez Palacio, Durango. 33 p.

Villanueva-Diaz, J., Stahle, D.W., Therrell, M.D., Beramendi-Orosco, L., Estrada-Avalos, J., Martinez-Sifuentes, A.R., Astudillo-Sanchez, C.C., Cervantes-Martinez, R., & Cerano-Paredes, J. 2020. The climatic response of baldcypress (*Taxodium mucronatum* Ten.) in San Luis Potosi, Mexico. *Trees*. 34, 623-635

Thomas, B.L., T. Doyle, and K.W. Krauss. 2015. Annual growth patterns of baldcypress (*Taxodium distichum*) along salinity gradients. *Wetlands*. DOI: 10.1007/s13157-015-0659-x

Turner, F.T., and W.H. Patrick, 1968: Chemical changes in waterlogged soils as a result of oxygen depletion. *Trans. Ninth Int. Congress Soil Science*, 4, 53-65.

Walsh, C. and J.O Dawson. 2014. Variations in buttressing form and stem volume ratio of baldcypress trees. *Transactions of the Illinois State Academy of Science* 107: 5-11.

WWF. Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. 2008. Manejo integrado de la cuenca del río San Pedro-Mezquital. https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/2008_fs_sn_pedro_mezquital.pdf

WWF. Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. 2009. Propuesta de caudal ecológico en la cuenca San Pedro-Mezquital y su consideración en el estudio de disponibilidad de aguas superficiales. WWF México. Programa Agua

WWF. Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. 2010a. La cuenca alta del río San Pedro Mezquital: caudal de vida y cultura. http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/cuenca_alta_del_rio_spm_2010_1.pdf

WWF. Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. 2010b. El río san Pedro Mezquital: el gran desconocido. https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/san_pedro_mezquital_2012.pdf.



Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centros Nacionales de Investigación Disciplinaria, Centros de Investigación Regional y Campos Experimentales



- Sede de Centro de Investigación Regional
- Centro Nacional de Investigación Disciplinaria
- Campo Experimental

COMITÉ EDITORIAL DEL CENID-RASPA

Presidente: Dr. José Luis González Barrios
Secretario: Dr. Juan Estrada Ávalos
Vocales: Dr. José Alberto Urrieta Velázquez
M.C. Cristo Omar Puente Valenzuela

REVISORES TÉCNICOS

Dr. José Luis González Barrios
Dr. Juan Estrada Ávalos
Dr. José Alberto Urrieta Velázquez
M.C. Cristo Omar Puente Valenzuela

EDICIÓN Y DISEÑO

Dr. Aldo Rafael Martínez Sifuentes

El proceso editorial de esta publicación y el formato electrónico se terminó en agosto del año 2021, en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera, que cita en el Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, en la Ciudad de Gómez Palacio, Durango

La presente publicación se terminó de imprimir el mes de octubre de 2021 en los talleres de Carmona Impresores S.A. de C.V., Calzada Lázaro Cárdenas No. 850. Colonia Eduardo Guerra. C.P. 27280 Torreón Coahuila, México. Su tiraje consta de 500 ejemplares.



www.gob.mx/inifap

El río San Pedro Mezquital, es uno de los pocos ríos en México con flujo libre hacia océano Pacífico, este río de alta biodiversidad sirvió de sustento a grupos étnicos que habitaron la región por centurias y actualmente constituye la fuente principal de agua para el desarrollo socioeconómico de una población que supera los 800,000 habitantes distribuidos en esta región hidrológica. El uso indiscriminado de los recursos hídricos y la contaminación de sus afluentes pone en peligro su sustentabilidad y los procesos ecológicos que dan origen a la alta biodiversidad que sitios como "Marismas Nacionales", un área de manglar ubicado en la desembocadura de esta corriente, la más grande del Pacífico mexicano. A lo largo de su recorrido de alrededor de 540 km, se desarrolla en ciertos transectos del río un ecosistema ripario, que tiene su máxima expresión con la formación de bosques de galería con ahuehuate, de importancia fundamental por favorecer la estabilidad de los márgenes del cauce y permitir una vida acuática y terrestre de gran riqueza biológica. En los meandros del cauce del RSPM, se forman remansos naturales o albercas, que constituyen nichos ecológicos de los árboles de ahuehuate más longevos, con especímenes que logran alcanzar el milenio. Estas albercas naturales muestran serios problemas de contaminación, por lo que en este documento, se abunda sobre la importancia de conservarlos y el potencial que tiene como sitios de recreación para la población urbana y rural del estado de Durango y cuyas acciones pueden contribuir a su conservación y a mantener su biodiversidad.