

# ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN RODAL DE SABINO (*Taxodium mucronatum* Ten.) EN LOS PEROLES, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

José Villanueva Díaz<sup>1</sup>, Agustín Hernández Reyna<sup>2</sup>,  
Felicidad García Sánchez<sup>3</sup>, Eladio H. Cornejo Oviedo<sup>4</sup>  
Dave W. Stahle<sup>5</sup>, Matthew D. Therrell<sup>5</sup> y Malcom K. Cleaveland<sup>5</sup>

## RESUMEN

El estudio se realizó en Los Peroles, SLP con el objetivo de conocer los rasgos estructurales de la vegetación asociada y adyacente a un rodal de *Taxodium mucronatum* (sabino), así como determinar la edad del arbolado. Para el análisis, se utilizaron macro parcelas aleatorias de 10 x 30 m en una superficie de 1 km<sup>2</sup>, con micro parcelas de 1 m<sup>2</sup>; en las mayores se muestrearon los árboles y en las menores las especies del sotobosque. Por taxa se determinó la densidad, área basal, frecuencia absoluta y relativa e índice de valor de importancia (VI). Se seleccionaron árboles adultos con base en su dominancia en altura, troncos gruesos y amplia cobertura; de cada individuo se registraron sus características morfológicas y edad. Se describen dos comunidades: una pradera de *Spartina spartinae* asociada con sabino y un bosque de *Prosopis laevigata*. En el sotobosque de la pradera se identificaron nueve géneros y en el mezquital seis. Los VI fueron mayores en el sotobosque que en el estrato arbóreo. *S. spartinae*, *Flaveria brownii* (Sin. *F. oppositifolia*), *Verbesina potosina* y *Eragrostis intermedia* son dominantes del estrato herbáceo en la pradera; en el mezquital sobresalen: *Saluzania triloba*, *Suaeda torreyana*; son endémicas de ambas comunidades *Opuntia imbricata*, *F. brownii*, *Androsace cinarens* y *V. potosina*. La edad de los ejemplares de *T. mucronatum* fluctuó de 146 a 1150 años, no se detectó una correlación significativa ( $p > 0.05$ ) entre edad y diámetro normal,

Fecha de recepción: 22 de enero de 2002

Fecha de aceptación: 25 de mayo de 2005.

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

<sup>2</sup> Campo Experimental Palma de la Cruz, Centro de Investigación Regional Noreste, INIFAP.

<sup>3</sup> Instituto de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

<sup>4</sup> Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

<sup>5</sup> Laboratorio de Dendrocronología, Universidad de Arkansas.

lo anterior probablemente debido a causa de las diferencias existentes en las condiciones microambientales.

**Palabras clave:** Árboles centenarios, comunidad vegetal, conservación, estructura de edades, sabino, *Taxodium mucronatum*.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the structural features, vegetation composition, and to determine establishment dates of a *Taxodium mucronatum* stand located in Los Peroles, in San Luis Potosí. Macro-plots of 10 X 30 m were randomly distributed along a square kilometer area to analyze overstory, and randomly located micro-plots (1 m<sup>2</sup>) were laid inside the macro-plots to determine understory. Measurements of density, basal area, absolute and relative frequency, and importance index value (IV) were determined for each one of the observed species. The selection of baldcypress trees was based upon height dominance, thick stems, wide cover and adult look; morphology and age were recorded for each tree. Two plant communities were found: a grassland of *Spartina spartinae* associated with baldcypress, and a woodland of mesquite (*Prosopis laevigata*). Understory of the *S. spartinae* grassland was composed of nine genus, whereas the mesquite woodland had six. The IV for the understory species was greater than for the overstory species for both communities. *S. spartinae*, *Flaveria brownii*, *Verbesina potosina*, and *Eragrostis intermedia* were the dominant species at the shrub level at the grassland. Likewise, *Saluzania triloba*, *Suaeda torreyana*, and *Opuntia imbricata* were for the mesquite woodland. *Flaveria brownii*, *Androsace cinarescens*, and *Verbesina potosina* are endemic for the area. The age of the *T. mucronatum* trees ranged from 146 to 1,150 years; however, a significant relationship ( $p > 0.05$ ) between age and diameter at breast height was not found, probably as a consequence of the differences present in microenvironmental conditions where the species are thriving.

**Key words:** Centenarian trees, plant community, conservation, age structure, sabino, *Taxodium mucronatum*.

## INTRODUCCIÓN

En México existen pocos lugares que cuentan con árboles centenarios, por lo que el conocimiento de especímenes viejos en el país se limita hacia aquellos individuos que han tenido que ver con aspectos históricos. La información procedente de árboles antiguos, en especial de especies que forman anillos de crecimiento bien definidos, se ha utilizado para desarrollar reconstrucciones de tiempos anteriores de precipitación así como investigaciones de variabilidad

hidroclimática (Stahle *et al.*, 1998, 2000; Villanueva y McPherson, 1998; Therrell *et al.*, 2002; Cleaveland *et al.*, 2003; Villanueva *et al.*, 2003, 2004).

Estudios específicos de vegetación en rodales con individuos arbóreos viejos son escasos en México; algunos, especialmente los realizados en bosques templados, se han fundamentado en datos derivados de sistemas de información geográfica y de los proporcionados por ejidatarios y prestadores de servicios forestales, con objetivos tan particulares como los aprovechamientos o la preservación de la fauna silvestre (Lammertink *et al.*, 1997).

El sitio Los Peroles es único en su género, tanto por la presencia de especies endémicas, como por poseer un rodal de *Taxodium mucronatum* Ten. con ejemplares milenarios. El principal uso actual del suelo es el pastoreo y de manera ocasional es utilizado para fines de recreación por las familias de las comunidades rurales aledañas y aún por los mismos habitantes de la ciudad de Río Verde y de otras partes de San Luis Potosí. A pesar de ser una acción prioritaria, en la actualidad no se cuenta con ninguna disposición legal o infraestructura que permita su protección, que por contar con árboles antiguos y un hábitat tan especial, brinda a la mariposa monarca una estancia temporal.

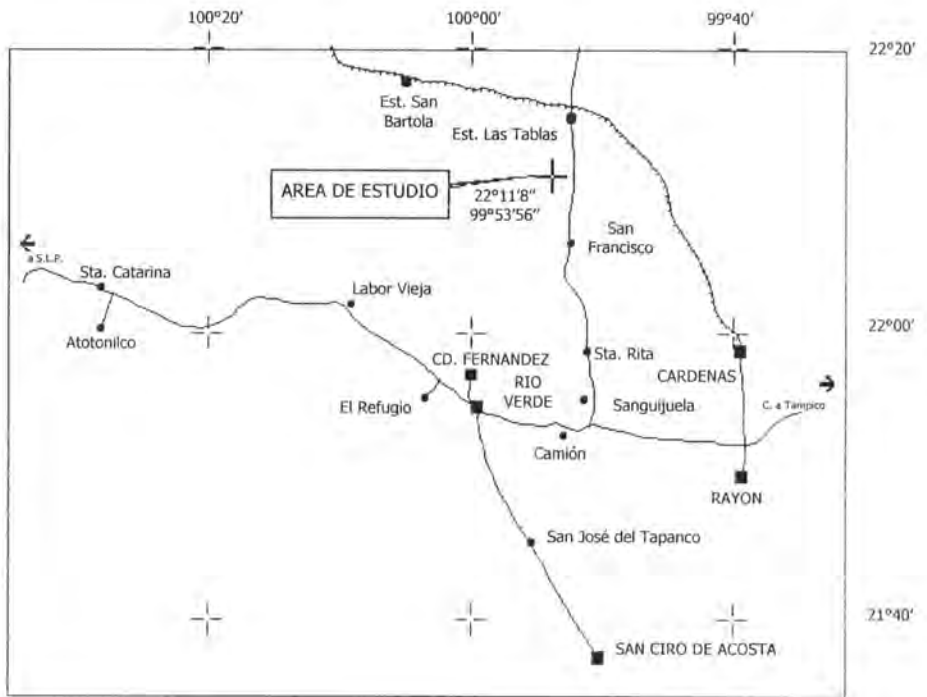
En el ámbito científico, la preservación de este ecosistema resulta por demás interesante, ya que los aspectos biológicos, ecológicos, hidrológicos, históricos y paleoclimáticos, desconocidos del área podrían ser investigados y analizados con mayor detalle para explicar y obtener beneficio de la presencia de árboles antiguos en dicha localidad.

La identificación de especímenes viejos en ecosistemas riparios y otras comunidades vegetales de climas templados y semiáridos son de gran relevancia para fundamentar acciones de manejo que coadyuven a su adecuado aprovechamiento y, además de tomar en consideración la composición de la flora asociada y su relación con el entorno. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar los rasgos fitoestructurales de un rodal de *Taxodium mucronatum* (sabino) y su vegetación circundante, así como estimar la edad de dicha especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El paraje de Los Peroles se localiza en las coordenadas 22° 11' 08" N y 99° 53' 56" W, con altitud de 900 m; se ubica en el ejido San Francisco del municipio de Río Verde en el estado de San Luis Potosí (Figura 1). Le corresponde un clima del tipo BS, semiárido-semicálido, temperatura media anual de 20.5 a 21.5°C y precipitación anual de 350 a 500 mm, con 7 a 9 meses secos (García, 1988).



### SAN LUIS POTOSI

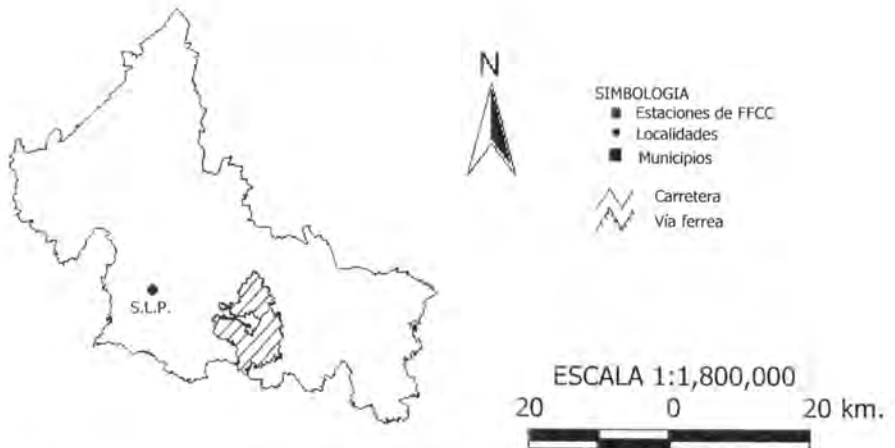


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio Los Peroles, San Francisco, Río Verde, San Luis Potosí.

El área de estudio se caracteriza por la presencia de un manantial de forma redondeada, lo que dio origen a su nombre, con agua cristalina y una profundidad aproximada de 40 a 50 m, que vierte sus aguas en un canal principal con un gasto que fluctúa entre 500 a 800 L s<sup>-1</sup>, aunque de regular calidad (CE 2.1 dS m<sup>-1</sup>) es utilizada en la zona para irrigar una superficie de 804 ha (Anónimo, 1985).

El sitio está constituido por suelos calci-yesíferos, de textura migajón limosa, con un pH de 8.5, conductividad eléctrica de 12 dS m<sup>-1</sup> y 34% de sodio intercambiable, por lo que muestra problemas de sodicidad (Anónimo, 1985; Villanueva *et al.*, 2001). La vegetación dominante es de tipo halófito y gypsófito, formada por un estrato arbóreo de mezquite (*Prosopis laevigata* H. & B. Johnst) y sabino o ahuehuate (*Taxodium mucronatum*); un estrato arbustivo integrado por granadillo (*Maytenus phyllantoides* Benth.), nopal (*Opuntia engelmannii* var. *cuija* Griffiths & Hare (Sin.: *Opuntia cuija* Griffiths & Hare), *O. imbricata* (Haw.) DC., etc.) entre otras especies, y un estrato de herbáceas en el que sobresale el pasto *Spartina spartinae* Trin. (Rzedowski, 1966).

Los árboles de sabino se localizan de preferencia sobre el margen de pequeños manantiales y en los cursos de las corrientes perennes que derivan de ellos, pero unos cuantos ejemplares se desarrollan en microhábitats especiales, sin el contacto directo con el agua, pero con el manto freático relativamente superficial, o en lugares de corrientes intermitentes. En estos últimos es donde se ubican los individuos longevos, quizás debido a que muchas de sus raíces crecen en el estrato superficial del suelo y dependen tanto del agua de lluvia, como de la capilar, en gran medida para cubrir su demanda hídrica, y no tanto del manto freático o de la que fluye de manera directa en los cauces (Figura 2).

El uso actual del suelo en Los Peroles corresponde al pecuario y en menor proporción al recreativo. En el área se pastorea ganado equino, caprino y vacuno, que consume las plántulas y las semillas del sabino, cuya germinación disminuye de forma significativa con el tiempo (Enriquez *et al.*, 2004). Es tradicional que algunos usuarios del agostadero quemen el pasto en el periodo invernal cuando se lignifica, para aprovechar la producción de rebrote tierno después del incendio. Esta práctica sin control ha lastimado a muchos árboles de *T. mucronatum*, que es muy sensible al fuego (Brown y Montz, 1986) incluso habiendo causado la muerte de algunos de ellos. Los estragos por dicho disturbio se evidencian por la presencia de cicatrices, así como de carbón en el tronco principal. Adicionalmente, los visitantes y quienes se dedican al cuidado del ganado ocasionan daños al arbolado que consisten en heridas y cortaduras en troncos y ramas, sin percatarse de su importancia histórica, de su belleza escénica y de su papel biológico en el ecosistema.



Figura 2. Árbol de sabino, localizado en un sitio sin contacto directo con el agua. Este espécimen antiguo tiene más de mil años de edad.

## Vegetación

En una superficie de 1 km<sup>2</sup> se analizó la estructura de la vegetación en los sitios y parajes cercanos a donde se ubica el sabino y otras especies arbóreas fisonómicamente dominantes, como el mezquite. Para el registro de árboles, se utilizaron macro parcelas de 10 x 30 m (150 m<sup>2</sup>) distribuidas aleatoriamente, en las que se tomaron los datos correspondientes a diámetro normal (1.35 m) con cinta diamétrica y la altura mediante triangulación con pistola Haga; dentro de dichas parcelas, se limitaron al azar micro parcelas de 1 x 1 m (1 m<sup>2</sup>), en ellas se midieron con cinta métrica el diámetro basal y la altura de las especies herbáceas y arbustivas.

La información se analizó con base en los métodos propuestos para la estructura de la vegetación por Müller-Dombois y Ellenberg (1974) y por Matteucci y Colma (1982). A nivel de especie, se obtuvo el valor de densidad, área basal, frecuencia absoluta y relativa e índice de valor de importancia, acorde a las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned}
 A_i &= (\varnothing)^2 * 0.785 \\
 FR_i &= m_i / \sum m_i * 100 \\
 AB &= (\sum A_i) / S \\
 AR_i &= A_i / (\sum A_i) * 100 \\
 DA_i &= n_i / S \\
 DR_i &= DA_i / \sum DA_i * 100 \\
 VI &= AR_i + DR_i + FR_i
 \end{aligned}$$

Donde:

- $A_i$  = Área basal de la especie  $i$
- $FR_i$  = Frecuencia relativa de la especie  $i$
- $AB$  = Área basal absoluta
- $AR_i$  = Área basal relativa
- $DA$  = Densidad absoluta
- $DR_i$  = Densidad relativa
- $VI_i$  = Valor de importancia
- $m_i$  = Muestras en la que aparece la especie  $i$
- $\sum m_i$  = Suma de las muestras donde aparecen todas las especies
- $n_i$  = Individuos de la especie  $i$
- $\sum A$  = Suma de las áreas basales de todas las especies
- $\sum DA$  = Suma de las densidades absolutas de todas las especies
- $S$  = Superficie muestreada
- $\varnothing_i$  = Diámetro de la especie  $i$

Se seleccionaron 36 árboles de sabino para estimar su edad, bajo los siguientes criterios: dominancia en altura, troncos gruesos, amplia cobertura y apariencia adulta. Los individuos viejos muestran por lo general una copa extendida, muerta en la parte superior, ramas descendentes, tronco torcido, hueco y espiralado, corteza hendida y relativamente blanquecina; en comparación con árboles jóvenes cuya apariencia es vigorosa y la coloración de la corteza es más oscura. Conforme la especie se torna senil, su tronco se ahueca como consecuencia inicial de la acción de aves, insectos (barrenadores), bacterias y hongos. A través de los orificios penetra el agua de lluvia, que se acumula en las oquedades del tronco principal y se fermenta, lo que es probable que acelere la muerte del organismo. Además, dichas cavidades sirven de refugio a insectos (abejas, avispas, barrenadores, etc.) y aún a mamíferos (coyotes, zorras, liebres, etc.).

Para determinar la edad, se utilizó un taladro Pressler de 18 a 24" de longitud, colocado a una altura de entre 1.3 a 1.4 m en lados opuestos al tronco; con ello se obtuvieron de dos a tres muestras (virutas o núcleos de crecimiento) con una longitud promedio de 45 cm cada una. En laboratorio, se procedió a estimar la edad de los árboles, para lo cual se hizo el montaje y pegamento de virutas en bases acanaladas de madera; se realizó su pulido progresivo con lijas de grano grueso a fino (120, 220, 400) con el fin de resaltar los anillos de crecimiento y por último se contaron las capas de crecimiento anual (Villanueva *et al.*, 2004).

Para fechar el año exacto de formación, se procuró discriminar a los anillos falsos o dobles, así como a los perdidos (ausentes), mediante el uso de técnicas dendrocronológicas estándar (Fritts, 1976; Stokes y Smiley, 1996). La identificación correcta de los anillos de crecimiento anual, se llevó a cabo de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- Cambios abruptos de coloración entre las zonas de transición de un crecimiento anual a otro contiguo
- Diferencias en el tamaño de las estructuras celulares, especialmente de la madera tardía
- Variaciones en el ancho de anillos
- Comparación de crecimientos para un año en particular, con el crecimiento de muestras procedentes de otros árboles.

El cálculo aproximado de la edad se hizo con base en la edad de la sección obtenida con el taladro (Brown y Montz, 1986) a la cual se le añadió cierto número de anillos faltantes en aquellas secciones que no contenían el centro del individuo (Applequist, 1985). Debido a que en general los árboles crecen con mayor rapidez y en consecuencia producen anillos más anchos en su etapa juvenil, se contaron los existentes en los primeros 10 cm de la parte interna de



la muestra (opuesta a la corteza). Con este dato y el valor del radio de cada ejemplar, se realizó una extrapolación para calcular los años de la sección faltante; así mismo, se adicionaron cinco años, tiempo promedio estimado que transcurre para que los sabelos alcancen la altura de 1.3 a 1.4 m.

La edad estimada total del árbol, se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$Eta = \sum(Ni + Nf + Na)$$

Donde:

- Eta* = Edad total del árbol (años)
- Ni* = Número total de anillos en la viruta obtenida con el taladro Pressler
- Nf* = Número de anillos en la sección faltante (extrapolación y método Applequist)
- Na* = Número de años que requiere el árbol para alcanzar la altura de muestreo (donde se obtuvo la viruta), que para el presente estudio se consideró un valor de 5.

Con los datos de diámetro del árbol y edad estimada se efectuó una correlación simple para definir la relación entre ambas variables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los muestreos indican la presencia de dos comunidades vegetales, un mezquital en la periferia del manantial y una pradera con árboles aislados aledaña a la anterior.

### Mezquital (*Prosopis laevigata*, *Saluzania triloba*, *Suaeda torreyana*, *Opuntia imbricata*)

Ubicado en terrenos con un desnivel superior a los 2 m, con respecto a la pradera de *Spartina*, se caracteriza por la presencia de un total de siete taxa pertenecientes a siete familias botánicas. Desde el punto de vista fisonómico, la especie dominante es *Prosopis laevigata*. El bosque de mezquite es característico de la llanura donde se localiza el área de trabajo, comunidad que Rzedowski (1966) califica como mezquital extradesértico (Figura 3).

La densidad absoluta es de 99,780 individuos ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1), 0.20% son árboles de *P. laevigata* y 99.8% herbáceas que conforman el sotobosque. Del total del valor de importancia, más de dos terceras partes corresponden a las especies de este estrato, así como 98.5% del área basal; la frecuencia está relativamente equilibrada en todos los taxa, los factores densidad y área basal



Figura 3. Comunidad de mezquital aledaño a pradera de pastizal con sabino.

influyen de manera determinante en el valor de importancia. Bajo el dosel de mezquite está mejor representada la vegetación del sotobosque, pues fuera de las áreas de copa, existe mucho pisoteo y compactación por el ganado, que casi ha dejado el suelo denudado.

El valor de importancia más alto de las especies del sotobosque lo presentan en orden decreciente *Saluzania triloba* Ort., *Suaeda torreyana* Watson y *Opuntia imbricata* (Cuadro 1). El primer caso obedece a su densidad; en *S. torreyana*, la densidad y área basal repercuten de manera preponderante en su dominancia, pero en *O. imbricata*, el área basal determina su importancia en gran medida. La amplitud de altura del sotobosque varía de 0.01 a 0.75 m, sobresale en el límite superior de este atributo *O. imbricata* y en el inferior *Euphorbia indivisa* Engelm.

Para *P. laevigata*, la frecuencia es el factor que más influye en VI; en lo referente a los atributos restantes, como la densidad y el área basal, son superados por

Cuadro 1. Atributos estructurales de bosque de *Prosopis laevigata* adyacente a pradera de *Spartina spartinae* con *Taxodium mucronatum*.

Especie	DA <sup>1</sup> (Ind ha <sup>-1</sup> )	DR <sup>2</sup> (%)	ABA <sup>3</sup> (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	ABR <sup>4</sup> (%)	FR <sup>5</sup> (%)	VI <sup>6</sup>	Altura (m)	
							Máxima	Mínima
Árboles								
<i>Prosopis laevigata</i>	180	0.20	8.5	1.5	16.1	17.80	10	4
Sotobosque	99,600	99.8	534.0	98.50	83.90	282.20		
<i>Saluzania triloba</i>	50,000	50.1	172.0	31.7	16.1	97.90	0.50	0.05
<i>Suaeda torreyana</i>	23,000	23.0	149.3	27.5	16.1	66.60	0.30	0.10
<i>Opuntia imbricata</i>	3,300	3.33	160.0	29.5	9.8	42.63	0.75	0.25
<i>Eragrostis intermedia</i>	10,000	10.0	20.0	3.7	16.1	29.80	0.10	0.05
<i>Euphorbia indivisa</i>	10,000	10.0	20.0	3.7	16.1	29.80	0.05	0.01
<i>Androsace cinerascens</i>	3,300	3.33	13.0	2.4	9.7	15.43	0.20	0.10
Total	99,780	100	542.5	100	100	300.0		

<sup>1</sup>DA = Densidad Absoluta, <sup>2</sup>DR = Densidad Relativa, <sup>3</sup>ABA = Área Basal Absoluta, <sup>4</sup>ABR = Área Basal Relativa, <sup>5</sup>FR = Frecuencia Relativa (FR), <sup>6</sup>VI = Índice de Valor de Importancia.

las diferentes especies del sotobosque. Esta especie tiene un diámetro normal promedio de 22 cm, registrando la mayor frecuencia de los individuos en las categorías diamétricas de 5 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm, y en una menor, las clases de 30 a 40 y 40 a 50 cm, respectivamente (Cuadro 2). La altura promedio del estrato arbóreo del mezquite es de 7 m, la clase de 5 a 10 m fue la mejor representada, notándose una amplia abundancia en comparación a las clases de 0 a 5 y 10 a 15 m (Cuadro 3).

Cuadro 2. Clases diamétricas de árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*) en áreas adyacentes a la pradera de *Spartina spartinae* con sabino.

Clase diamétrica (cm)	Individuos ha <sup>-1</sup>
5 - 10	47
10 - 20	53
20 - 30	47
30 - 40	7
40 - 50	26
Total	180

Cuadro 3. Clases de altura y frecuencia de árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*) en áreas adyacentes a la pradera de *Spartina spartinae* con *Taxodium mucronatum*.

Clase de altura (m)	Número de árboles ha <sup>-1</sup>
0 - 5	53
5 - 10	120
10 - 15	7
Total	180

## Pradera de *Spartina spartinae* con elementos aislados de *Taxodium mucronatum*

La pradera se localizó en terrenos cercanos a canales y manantiales. Su existencia coincide con la distribución geográfica y ecológica descrita para esta comunidad por Rzedowski (1966), quien la consigna de lugares con alcalinidad y nivel freático elevados, lo cual es característico de terrenos cercanos al sitio Las Tablas, dentro de la Llanura de Río Verde. Por otra parte, *T. mucronatum* está presente a lo largo de corrientes de agua más o menos permanentes (Rzedowski, 1970). Cabe señalar que la pradera de *Spartina*, citada por dicho autor, también forma parte de Los Peroles (Figura 1).

Además de *S. spartinae*, se identificaron otras siete especies herbáceas, pertenecientes a ocho familias botánicas y nueve géneros (siete herbáceas y dos arbustivas) (Cuadro 4).

La dominancia fisonómica es compartida entre *S. spartinae* y *T. mucronatum*; así, *Spartina* predomina en abundancia, biomasa y presencia perenne, mientras que el sabino destaca por sus individuos corpulentos de troncos gruesos y tortuosos.

En esta comunidad existe una densidad absoluta total de 139,539 individuos  $\text{ha}^{-1}$  (Cuadro 4), de ellos 0.04% (50 individuos  $\text{ha}^{-1}$ ) corresponden a *T. mucronatum*, 99.96% son especies arbustivas y herbáceas pertenecientes al sotobosque con un total de 139,489 individuos  $\text{ha}^{-1}$ . El sotobosque, a diferencia del sabino, en conjunto, registró mayor valor de importancia total (sotobosque 292.28 vs sabino 7.74), los atributos de área basal y densidad influyen de forma decisiva en el valor de importancia.

Los números más altos del estrato herbáceo, los presentan *S. spartinae*, *Flaveria brownii* A. Powell (Sin. *Flaveria oppositifolia* (DC.) Rydb), *Verbesina potosina* B. L. Rob. y *Eragrostis intermedia* A. S. Hitchc., en el primer y segundo taxa, el área basal es el factor que más influye en su dominancia; a diferencia de *V. potosina* y *E. intermedia*, cuya densidad es la que más contribuye en su importancia, la frecuencia es semejante para las primeras tres especies al igual que en *Suaeda torreyana* y menor en *E. intermedia*.

El estrato arbustivo comprende a *O. engelmanni* var. *cuija* e individuos de repoblación natural de *P. laevigata*, misma que es dominante debido a su mayor área basal, siendo ambas semejantes en los atributos de densidad y frecuencia; en la pradera: las herbáceas tienen una mayor dominancia, pues superan al resto de los vegetales en todos los atributos estructurales.

*S. spartinae* presenta follaje todo el año y es aprovechada por el ganado; se desarrollan entremezcladas con *S. spartinae* y se observaron floreciendo en el otoño. Aparentemente, *V. potosina* y *F. brownii* son de carácter anual, o bien, pierden sus hojas en épocas más secas y frías, lo que propicia que en el invierno

no se note su presencia. Cabe mencionar que fuera de los sitios de muestreo y a orillas de las acequias de agua, se registró la especie *Eupatorium betonicifolium* P. Mill.

Para *T. mucronatum*, el factor que más influye en su valor de importancia es el área basal, ya que ocupa mayor superficie sobre el suelo, incluso superior que el del estrato arbustivo y que el de algunas herbáceas. La altura del sotobosque varía desde 0.02 hasta 1.70 m; los valores más bajos corresponden a *Hediotys wrightii* (S. Gray) Fosberg (Sin. *Hediotys cervantesii* Kunth) y *Androsace cinerascens* B. I. Robinson y los valores superiores a *P. laevigata* y *Opuntia engelmannii* var. *cuija* (Cuadro 4).

El diámetro normal promedio de *T. mucronatum* fue de 1.27 m, con individuos cuyas dimensiones se distribuyen en un intervalo desde 0.65 hasta 2.10 m, aunque la mayoría se concentra dentro de las categorías de 1.15 a 1.25 m y 1.25 a 1.35 m (Cuadro 5); en el resto se distribuyen los ejemplares de manera relativamente uniforme. La altura promedio es de 17.0 m, con un rango de 9 a 24 m; la mayor parte de los árboles se reúne en las clases de 10 a 15 y de 15 a 20 m, y en menor proporción las clases 5 a 10 y 20 a 30 m (Cuadro 6).

## Edad de árboles de sabino

El diámetro normal de los árboles seleccionados fluctuó entre 0.7 y 2.1 m, diámetro de copa de 7 a 24 m y un rango de edad de 146 a 1,150 años (Cuadro 7). No se observó una correlación significativa entre estas dos variables ( $r^2 = 0.263$ ,  $p > 0.05$ ), ya que árboles con diámetro pequeño tuvieron más edad que aquellos con diámetro grande y viceversa. El comportamiento indicado parece ser consecuencia de diferencias edáficas y de la disponibilidad de agua. Los individuos en sitios sin limitación hídrica (orillas de corrientes perennes), crecieron con mayor velocidad que los ubicados en lugares sin corrientes o con un manto freático superficial, donde mucho de su desarrollo depende del flujo capilar y de la humedad almacenada en el perfil del suelo como producto de la precipitación.

Al analizar de modo visual la cronología de las capas de crecimiento se observan períodos de supresión (anillos pequeños) y liberación (anillos grandes), los cuales puede atribuirse a las fluctuaciones climáticas a través del desarrollo de la especie, o bien a cambios en la dirección de las corrientes de agua, que en algunas épocas alimentaron de forma directa al árbol y en otras actuaron como un factor limitante (Figura 4).

El rango de edades determinado para *T. mucronatum* en este estudio (146 - 1,150 años), lo convierten en el rodal conocido con árboles más viejos de la especie en México; así, el Árbol del Tule en el estado de Oaxaca, con un

Cuadro 4. Atributos estructurales de pradera de *Spartina spartinae* con *Taxodium mucronatum* en Los Peroles, Río Verde, SLP.

Especie	DA <sup>1</sup> (Ind ha <sup>-1</sup> )	DR <sup>2</sup> (%)	ABA <sup>3</sup> (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	ABR <sup>4</sup> (%)	FR <sup>5</sup> (%)	VI <sup>6</sup>	Altura (m)	
							Maxima	Minima
<b>Árboles</b>								
<i>Taxodium mucronatum</i>	50	0.04	332.0	4.0	3.7	7.74	24	9
Sotobosque	139,489	99.96	8,182.7	96.02	96.3	292.3		
<b>Arbustos</b>								
<i>Prosopis laevigata</i>	976	0.70	191.2	2.25	6.2	9.15	1.70	1.20
<i>Opuntia engelmannii</i> var. <i>cuijia</i>	976	0.70	7.8	0.09	6.2	6.99	1.35	0.50
<b>Hierbas</b>								
<i>Spartina spartinae</i>	23,415	16.78	3,902.4	45.8	13.6	76.18	1.60	0.50
<i>Flaveria brownii</i>	20,488	14.68	2,439.0	28.6	13.6	56.88	1.25	0.40
<i>Verbesina potosina</i>	31,220	22.37	975.6	11.46	13.6	47.43	0.90	0.10
<i>Eragrostis intermedia</i>	39,000	27.95	152.0	1.79	8.6	38.34	0.10	0.05
<i>Suaeda torreyana</i>	3,902	2.8	292.7	3.44	13.6	19.84	0.15	0.10
<i>Hedyotis wrightii</i>	14,634	10.49	55.0	0.64	8.6	19.73	0.10	0.02
<i>Androsace cinerascens</i>	4,878	3.5	167.0	1.95	12.3	17.75	0.10	0.02
Total	139,539	100	8,514.7	100	100	300		

DA = Densidad Absoluta, <sup>2</sup>DR = Densidad Relativa, <sup>3</sup>ABA = Área Basal Absoluta, <sup>4</sup>ABR = Área Basal Relativa, <sup>5</sup>FR = Frecuencia Relativa, <sup>6</sup>VI = Índice de Valor de Importancia.

Cuadro 5. Clases diamétricas de *Taxodium mucronatum* en pradera de *Spartina spartinae*.

Clases diamétricas (m)	Número de individuos ha <sup>-1</sup>
0.65 - 0.75	3
0.75 - 0.85	-
0.85 - 0.95	3
0.95 - 1.05	4
1.05 - 1.15	4
1.15 - 1.25	10
1.25 - 1.35	8
1.35 - 1.45	5
1.45 - 1.55	2
1.55 - 1.65	3
1.65 - 1.75	3
1.75 - 1.85	-
1.85 - 1.95	3
1.95 - 2.05	-
2.05 - 2.15	2
Total	50



Cuadro 6. Clases de altura- número de árboles de *Taxodium mucronatum* en pradera de *Spartina spartinae*.

Clase de altura (m)	Número de individuos ha <sup>-1</sup>
5 – 10	3
10 – 15	12
15 – 20	30
20 – 30	5
Total	50

diámetro normal cercano a 20 m, presuntamente formado por la fusión de cuatro árboles individuales, se le atribuye una edad aproximada de 1,350 a 1,400 años (Salas, 1992). La excelente tasa de crecimiento de este ejemplar, quizás se deba a las condiciones climáticas favorables de la localidad, así como al suministro artificial de agua y nutrimentos que le ha proporcionado en los últimos años. De manera comparativa, todos los especímenes de sabino analizados en la presente investigación, muestran un fuste único inconfundible, de consistencia sólida y un crecimiento radial muy inferior, lo que implica la existencia de muchos anillos de crecimiento en una sección radial pequeña.

Aunque la pradera de *Spartina* con sabino y el bosque de *P. laevigata* en el área de estudio están bastante cercanas, difieren en su fisonomía y composición florística. Ambas comparten en común cuatro especies del sotobosque: *P. laevigata*, *A. cinerascens*, *E. intermedia* y *Suaeda torreyana*, de las cuales las primeras tres, son de importancia baja en las dos comunidades y la última es de mayor predominio en el mezquital. Entre ellas, destacan los individuos transgresivos de mezquite de la pradera con casi 1,000 individuos ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1), lo que puede significar una posible tendencia del mismo para consolidarse como elemento arbóreo a partir de la amplia capacidad del mezquite para establecerse en diferentes condiciones de sitio en la Llanura de Río Verde (Rzedowski, 1966, Puig, 1991, Hernández y Villanueva, 2001).

Los componentes florísticos del área de estudio son representativos de una flora distribuida en particular en la Llanura de Río Verde, que según Rzedowski (1966), pueden pertenecer a reliquias de la flora de un lago extinto, donde resulta interesante señalar la presencia de *Flaveria brownii*, *A. cinarescens* y

Cuadro 7. Datos dasonómicos de los árboles de sabino muestreados en el sitio los Peroles.

Número de árbol	Diámetro normal (cm)	Altura (m) <sup>1</sup>	Diámetro de copa (m) <sup>1</sup>	Edad estimada (años)
1	173.0	13.0	17.0	1,150
2	110.7			338
3	118.8	16.0	18.0	146
4	194.0			505
5	143.8	16.0	18.0	730
6	96.0			786
7	165.5	18.0	19.0	667
8	140.0	17.0	18.0	627
9	98.5			659
10	94.4			430
11	74.6			336
12	107.5	18.0	22.0	599
13	128.2			493
14	163.7	19.0	23.0	1,132
15	130.0			517
16	108.4			176
17	125.6			657

continúa...

Cuadro 7, continuación...

18	132.0	18.0	14.0	617
19	104.0	16.0	18.0	669
20	121.5	18.0	22.0	467
21	115.7			342
22	132.1	23.0	19.0	1,000
23	134.3			348
24	153.9			488
25	122.4	24.0	24.0	613
26	119.6	18.0	21.0	389
27	141.1			178
28	118.9			430
29	116.1			342
30	102.6			166
31	69.8	9.0	7.0	207
32	161.4	15.0	17.0	1,012
33	121.8	17.0	20.0	896
34	92.7			796
35	195.0			364
36	210.0			393

La altura y el diámetro de copa fueron obtenidos sólo para ejemplares seleccionados.

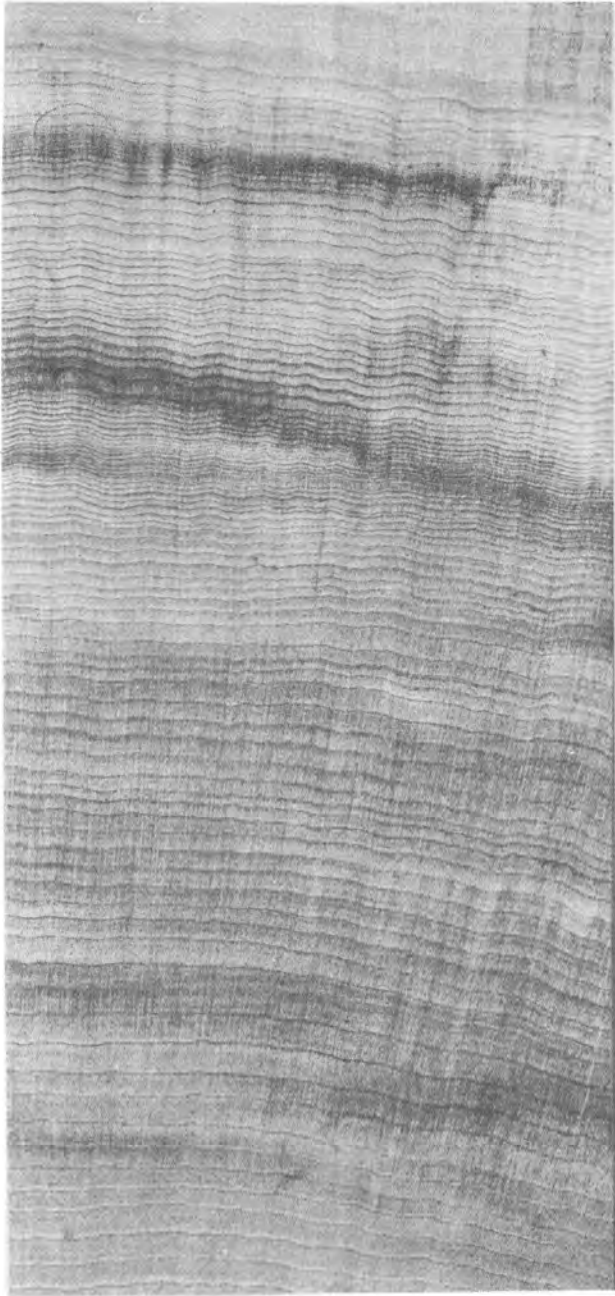


Figura 4. Sección transversal de sabino, donde se observa la variabilidad en el crecimiento de sus anillos anuales, probablemente a consecuencia de fluctuaciones interanuales o episódicas en condiciones climáticas.

*V. potosina* registradas en las dos comunidades vegetales analizadas en Los Peroles, especies importantes desde el punto de vista de su distribución; a la primera de ellas, se le considera endémica de la Llanura y las dos restantes, son en apariencia, típicas de esta planicie (Rzedowski, 1966).

## CONCLUSIONES

En las comunidades vegetales analizadas, se detectó una especie endémica (*F. brownii*) y dos especies típicas de la región, *A. cinarescens* y *V. potosina*. Se registra por primera vez la presencia, estructura y edad de un rodal de *Taxodium mucronatum* en la Llanura de Río Verde, el cual hasta el momento, constituye el rodal más viejo de sabino conocido en México.

En la localidad de Los Peroles se identificaron dos comunidades vegetales muy bien definidas: pradera de *Spartina spartinae* con árboles de *T. mucronatum* y bosque de *Prosopis laevigata*, las dos son distintas en su fisonomía y generalmente en sus componentes florísticos dominantes.

La pradera con *T. mucronatum* se ubica sobre terrenos cercanos a corrientes de agua, con alcalinidad y nivel freático elevados. *S. spartinae* y *T. mucronatum* son codominantes fisonómicos, la mayoría de los individuos de sabino tienen diámetros de 1.15 a 1.35 m, alturas de 10 a 20 m y una edad que fluctúa de 146 a 1150 años. *S. spartinae*, *Flaveria brownii*, *V. potosina* y *Eragrostis intermedia* son las especies más importantes del sotobosque, superando a los árboles en abundancia y área basal.

La composición del mezquital en los estratos arbóreo y sotobosque se conforma de siete especies, una de éstas es *P. laevigata* y seis especies herbáceas; se desarrolla en lugares con desnivel de más de 2 m contiguos a la pradera con sabino. La mayoría de los individuos de *P. laevigata* tienen diámetros de 5 a 30 cm y alturas de 5 a 10 m. *Saluzania triloba*, *Suaeda torreyana* y *Opuntia imbricata* son las especies más importantes del sotobosque.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias al financiamiento otorgado por el Instituto Interamericano (IAI) para el proyecto "Treeline" a través de la Universidad de Western Ontario, Canada (UWO) y por el proyecto árboles centenarios del centro-norte de México y su potencial dendroclimático y ecológico con financiamiento del fondo sectorial CONAFOR-CONACYT.

## REFERENCIAS

- Anónimo. 1985. Estudio agrológico San Francisco, Río Verde. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, Subdirección Regional del Noreste. 47 p.
- Applequist, M. B. 1958. A simple pith locator for use with off-center increment cores. *Journal of Forestry* 56: 141.
- Brown, C. A. and Glen N. Montz. 1986. Baldcypress, the tree unique, the wood eternal. Claitor's Publishing Division. Baton Rouge, LA. 133 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.
- Enriquez Peña, E. G., H. Suzan A., G. Malda B. 2004. Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten.) en el estado de Querétaro, México. *Agrociencia* 38: 375 – 381.
- Fritts, H. C. 1976. Tree rings and climate. Academic Press, New York. 567 p.
- García M., E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 4 Edición. México, D. F. 219 p.
- Hernández R., A. y J. Villanueva D. 2001. Establecimiento y manejo de un módulo silvopastoril de mezquite en la zona media de San Luis Potosí. Folleto Técnico No. 15. INIFAP/CIRNE-S.L.P. 26 p.
- Lammertink, J. M., J. A. Rojas T., F. M. Casillas O., y R. L. Otto. 1997. Situación y conservación de los bosques viejos de pino-encino de la Sierra Madre Occidental y sus aves endémicas. Consejo Internacional para la Preservación de las Aves, Sección Mexicana 103 p.
- Martínez, M. 1963. Las pináceas mexicanas. 3ª. Edición. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 345 p.
- Matteucci S., D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington. D. C. 168 p.
- Müller-Dumbois, D. S. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Wiley & Sons. New York. 547 p.
- Puig, H., 1991. Vegetación de la Huasteca, México. 1ª edición en español. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Ver. 626 p.
- Rzedowski, J. 1966. Vegetación del estado de San Luis Potosí. Acta Científica Potosina. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 291 p.
- Salas C., A. 1992. El árbol de Santa María del Tule. Documento interno. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Oaxaca, Oax. 10 p.

- Stahle, D. W., R. D. D'arrigo, P. J. Krusic, M. K. Cleaveland, E. R. Cook, R. J. Allan, J. E. Cole, R. B. Dunbar, M. D. Therrell, D. A. Guy, M. D. Moore, M. A. Stokes, B. T. Burns, J. Villanueva-Diaz and L. G. Thompson. 1998. Experimental dendroclimatic reconstruction of the Southern Oscillation. *Bulletin of the American Meteorological Society* 70(10): 2137-2152.
- Stahle D. W., J. Villanueva, M. K. Cleaveland, M. D. Therrell, G. J. Paull, B. T. Burns, W. Salinas, H. Suzan, and P. Z. Fule. 2000. Recent tree-ring research in Mexico. *In*: Roig F. A. (compilador). *Dendrocronología en América Latina*. Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo (EDIUNC), Mendoza, Argentina. pp. 285-306.
- Stokes, M. A. and T. L. Smiley. 1996. *An introduction to tree-ring dating*. University of Arizona Press. Tucson, AZ. 73 p.
- Therrel, M. D., D. W. Sathle, M. K. Cleaveland and J. Villanueva-Diaz. 2002. Warm season tree growth and precipitation over Mexico. *Journal of Geophysical Research* 107: ACL6-1 – ACL6-8.
- Villanueva D. J. y G. R. McPherson. 1998. Estudios dendroclimáticos en montañas del suroeste de los Estados Unidos de América y del norte de México. *Ciencia Forestal* 24(86): 37 – 64.
- Villanueva D. J., A. Juárez L., A. Hernández R. 2001. Problemas de salinidad de suelos irrigados de las zonas media y altiplano de San Luis Potosí. Folleto Técnico No. 11 INIFAP/CIRNE-S.L.P. 24 p.
- Villanueva D. J., D. W. Stahle, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland, F. Camacho, M., P. Núñez, D. de la F., S. Gómez, Ch., J. Sánchez, S. y J. A. Ramírez, G. 2003. Registros climáticos de los ahuehuetes de Chapultepec en los últimos 450 años. *Boletín del Archivo Histórico del Agua* 8(23): 34 – 42.
- Villanueva D., J., 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, Méx. 37 p.