

**PINUS CHIAPENSIS: UN ENFOQUE ECOLÓGICO DE SU ANATOMÍA FOLIAR****Alejandra E. Vilela**

*Lab. de Sistemática de Plantas Vasculares  
Pab. II. Piso 4. Facultad Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad de Buenos Aires. (1428) Buenos Aires  
Argentina*

**Salvador Acosta Castellanos**

*CIIDIR Instituto Politécnico Nacional, Unidad Oaxaca.  
Apartado Postal 24  
Administración 3. (68101)  
Oaxaca, Oax.  
México*

**RESUMEN**

Se registraron datos ecológicos y caracteres anatómicos de acículas de *Pinus chiapensis*, una especie amenazada, en el estado de Oaxaca, México. Evidencias fitogeográficas sugieren que la distribución actual de esta especie es relictual. Aunque habita áreas de alta humedad y precipitación, las hojas aciculares son xeromórficas (presencia de estomas hundidos, cutícula gruesa y esclerénquima subepidérmico). Estos resultados apoyan la hipótesis de una adaptación paleoclimática de la especie.

**ABSTRACT**

Ecological data and anatomical leaf characters of *Pinus chiapensis*, a threatened species, have been recorded in the state of Oaxaca, Mexico. Phytogeographical evidence suggests that the present distribution of the species is relictual. Although this species inhabits areas of high moisture and rainfall, the leaves are xeromorphic (sunken stomata, thick cuticle and subepidermic sclerenchyma). These results support the hypothesis of a palaeoclimatic adaptation.

**INTRODUCCIÓN**

*Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, taxonómicamente ubicado hasta 1964 como *Pinus strobus* var. *chiapensis* Martínez, es un árbol nativo de Guatemala y México. En este último país, es más abundante en los estados de Oaxaca y Chiapas, aunque también se encuentra en manchones aislados en los estados de Guerrero, Puebla y Veracruz (Perry, 1991; Farjon & Styles, 1997).

Se encuentra en las laderas bajas de las montañas y cañones aislados, en general entre los 1,200 y los 1,800 m de altitud (Rzedowski y Vela, 1966), predominantemente en suelos ácidos (pH 4.5 – 5.5), bien drenados y de una profundidad mayor a 1 m (Donahue *et al.*, 1991). En el estado de Oaxaca, *Pinus chiapensis* se distribuye tanto en la vertiente del Pacífico como en la del Golfo de México, en un amplio intervalo altitudinal, en climas tropicales y subtropicales y condiciones geológicas y edafológicas muy diversas. En este estado se encuentran los extremos altitudinales máximo y mínimo de su distribución: 250 m en la región de Los Chimalapas y 2,300 m en la Sierra Madre del Sur (Del Castillo *et al.*, 1995).

Son árboles de tronco recto, de 25 a 30 m de altura o más, con un diámetro de 1 m aproximadamente, corteza muy fisurada y ramas extendidas. Las hojas están dispuestas en fascículos de cinco, aglomerados en los extremos de las ramillas, formando penachos. Miden de 8 a 12 cm de longitud y son de color verde claro, ligeramente amarillento. Las vainas son escamosas, rápidamente caedizas, de 13 a 15 mm de longitud (Martínez, 1948; Andresen, 1964).

*Pinus chiapensis* tiene diversos nombres vulgares de acuerdo con el idioma de la etnia prevaleciente en cada zona. En Oaxaca se han registrado entre otros los siguientes: «pino gretado», «pinocote» o «pinabeto»; en lengua náhuatl se conoce como «acalocote», «ayacahuite», «ocote» o «acahuite»; «ya-yieri» o «yaguieri» en zapoteco; «junch» en mixe; «hua-shin» en zoque; «sha-to» en mixteco (Del Castillo y Acosta, en prensa). Es una especie bien conocida por los pobladores de las áreas donde prospera y su madera se utiliza localmente para la fabricación de muebles y herramientas, y para construcción.

Desde el punto de vista comercial, se le considera como una especie prometedora para plantaciones en regiones tropicales y subtropicales. Su importancia radica en su rápido crecimiento, que alcanza un máximo de hasta 3 cm anuales en diámetro (Donahue *et al.*, 1991).

Por sus características xilotecnológicas, se aprovecha en forma intensiva, lo cual, sumado a lo reducido de su área de distribución, hace que se considere una especie amenazada de extinción (Yañez y Caballero, 1982; Zamora y Velasco, 1977; Farjon & Styles, 1997).

El objetivo del presente trabajo es estudiar la anatomía foliar de *Pinus chiapensis* y relacionarla con las diferentes condiciones

ecológicas en que se encuentra la especie en el estado de Oaxaca. Se espera que la información básica que aporte este trabajo, junto con otros estudios poblacionales que se están llevando a cabo, contribuyan a un mejor conocimiento de la misma y sirvan de orientación a quienes deben tomar las medidas necesarias para evitar su extinción.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para el presente estudio se seleccionaron ejemplares de herbario colectados en las principales áreas en donde se distribuye la especie en el estado de Oaxaca (Fig. 1). Los especímenes fueron colectados por el segundo autor y se encuentran depositados en el Herbario OAX. Los números que se citan en los resultados corresponden a los números de colecta del ejemplar en cuestión.

Se trabajó con material previamente hidratado, escogiendo aquellas acículas cuyas vainas ya se habían desprendido.

Considerando que los especímenes de herbario corresponden a ramas terminales, para medir la longitud de las acículas, éstas se clasificaron según su posición en el ejemplar, denominándose «basal» la porción cercana al punto donde fue cortado el espécimen por el colector y «apical» el extremo opuesto.

Para los estudios epidérmicos se realizaron desprendimientos mediante solución de hidróxido de potasio 3 % (D'Ambrogio de Argüeso, 1986). Las secciones transversales de las hojas se obtuvieron mediante cortes a mano libre. Para colorearlas se utilizó la tinción metacromática azul de Cresyl.

Para la observación de la superficie de las acículas al microscopio electrónico de barrido (MEB), se deshidrató el material

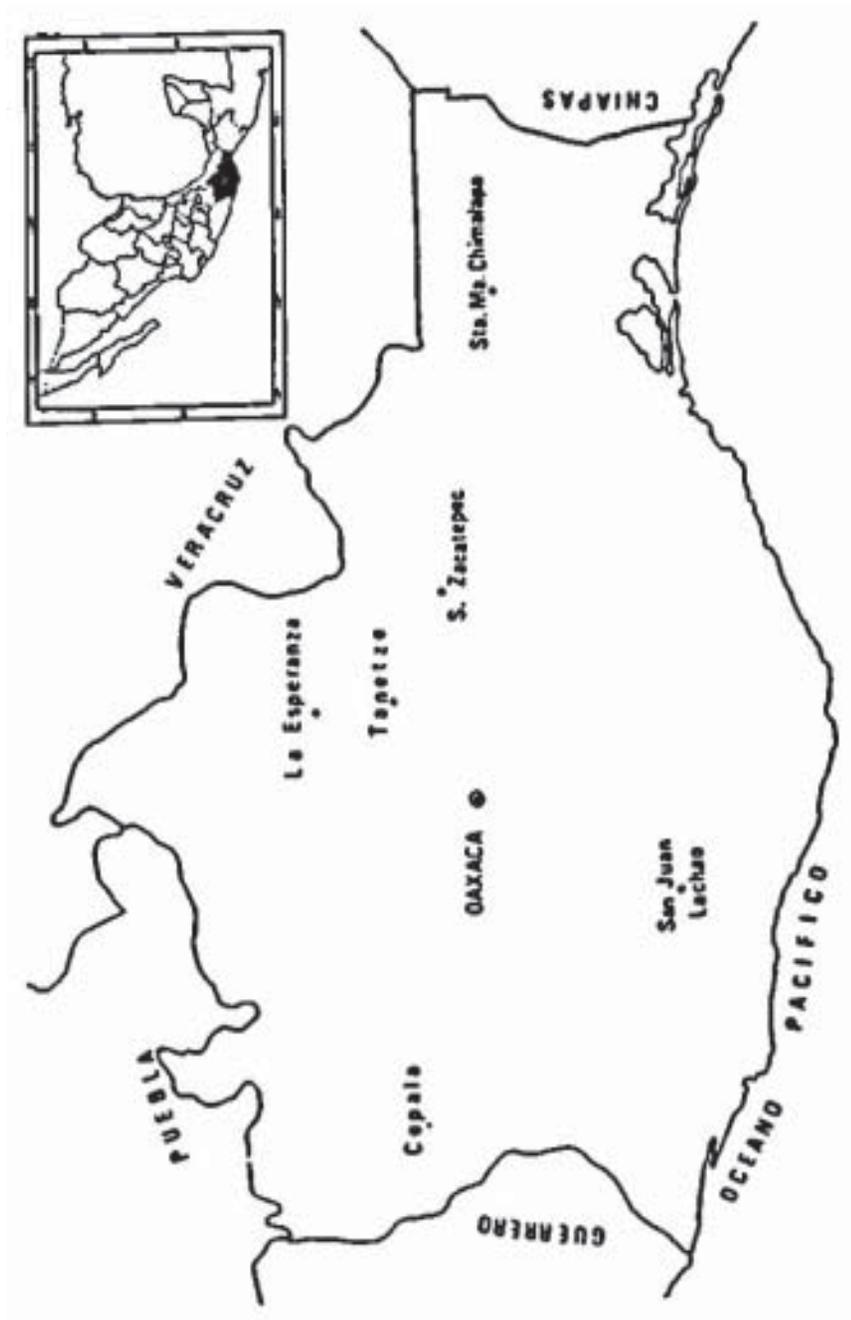


Fig 1. Principales localidades de donde procede el material estudiado.

mediante una serie ascendente de soluciones de alcohol etílico (70°, 96°) y alcohol absoluto y se metalizó con oro.

Los recuentos de estomas y mediciones se repitieron al menos 15 veces en cada ejemplar. Su número se determinó por milímetro lineal, debido a que los mismos se encuentran dispuestos en hileras irregularmente dispuestas.

Los datos climáticos de temperatura, precipitación y oscilación térmica fueron tomados de Rzedowski y Vela (1966), Rzedowski (1978), Wendt (1989) y complementados con cartas climáticas (Anónimo, 1981).

### Material estudiado

**Región Sierra Norte.** Distrito Ixtlán, mpio. Comaltepec, 8.5 km al sur de La Esperanza, por la carretera a Ixtlán, altitud 1,650 m, col. S. Acosta s.n., 29 agosto 1993; Distrito Villa Alta, mpio. Villa Alta, 2 km antes de la desviación a Tanetze, 8 km antes de Juquila Vijanos, alt. 2250 m, col. S. Acosta 2334, 3 septiembre 1993; Distrito Mixe, mpio. Santiago Zacatepec, 1 km al SE de Santiago Zacatepec, camino a San Juan Cotzocon, cerca del cementerio, alt. 1,320 m, col. S. Acosta 2376, 27 octubre 1993.

**Región Mixteca.** Distrito Juxtlahuaca, mpio. Juxtlahuaca, 1.5 km al NW de Tilapa hacia Metates, altitud 1,350 m, col. S. Acosta 2363, 20 octubre 1993; 1.5 km al S de San Pedro Chayuco, alt. 1,870 m, col. S. Acosta 2372, 21 octubre 1993; 1 km antes de Agua Fría, 4.2 km de la desviación a Copala, sobre la carretera a Juxtlahuaca, altitud 1,850 m, col. S. Acosta 2374, 21 octubre 1993.

**Región del Istmo.** Distrito Juchitán, mpio. Santa María Chimalapa, 11 km al SW

de Santa María Chimalapa, camino a Lázaro Cárdenas, altitud 315 m, col. S. Acosta 2353, 9 septiembre 1993.

**Región de la Sierra Sur.** Distrito Juquila, mpio. San Juan Lachao, desviación a El Polvorín, 5.4 km delante de la desviación a Pueblo Viejo San Juan Lachao, por la carretera Juquila-Puerto Escondido, altitud 1,720 m, col. S. Acosta 2305, 9 agosto 1993.

## RESULTADOS

### Descripción de las hojas de *Pinus chiapensis*.

Las acículas de los ejemplares estudiados de *Pinus chiapensis* en el estado de Oaxaca tienen una longitud que varía entre 6.5 a 14.2 cm. Si se tiene en cuenta la posición relativa que las acículas ocupan en el ejemplar, se observa que las apicales tienen en promedio, una longitud mayor que las basales (tabla 1). Excluyendo el resultado obtenido en el ejemplar S. Acosta no. 2353, que corresponde a un área completamente diferente a la del resto de los individuos estudiados (ver discusión), se observa una relación inversa entre la longitud de las acículas y la altitud.

Las acículas de *Pinus chiapensis* son dentadas. Los dientes son anchamente triangulares (Fig. 2 A). Las células epidérmicas son alargadas en el sentido del eje longitudinal de la hoja. Las observaciones al microscopio electrónico de barrido permitieron apreciar las ondulaciones de su superficie (Fig. 2 B).

Los estomas están dispuestos en hileras en las caras internas. El número de éstas varía entre 2 y 5 (tabla 2). La hoja es epistomática, ya que la cara abaxial o externa carece de estomas.

Tabla 1. Longitud promedio (cm) de las hojas de *P. chiapensis*.

Ejemplar (colector S. Acosta) núm.	Altitud (m.s.n.m.)	Posición relativa de las hojas		
		Basal	Media	Apical
2334	2250	7.32		9.26
2372	1870	8.41		9.20
2374	1850	9.18	9.73	10.82
2305	1720	9.67	11.10	11.96
2363	1350	11.10	11.70	13.53
2353	315	8.22	9.85	12.13

En los estomas, las células oclusivas están hundidas con respecto a las subsidiarias (Figs. 2 C y 3 C).

En sección transversal, las hojas presentan forma triangular (Fig. 3 A). La epidermis uniestratificada, está conformada por células de paredes muy engrosadas y lúmenes pequeños (fig. 3 B, C). La pared tangencial externa mide en promedio 5.8  $\mu$ m (máximo 7.5  $\mu$ m y mínimo 3.75  $\mu$ m). En este caso se observa una relación directa entre el aumento en grosor de la pared tangencial externa de las células epidérmicas y el aumento de la altitud (tabla 2).

Por debajo de la epidermis existen una o dos capas de esclerénquima. Los ángulos de la acícula se hallan reforzados con varias capas de esclerénquima (Fig. 3 B).

El mesófilo es radial y está constituido por células en roseta. Dentro del mismo se observan dos o tres canales resiníferos: dos de ellos se encuentran hacia la cara abaxial o externa, mientras que el tercero se halla enfrentado a una de las caras adaxiales.

Tales canales se encuentran inmediatamente por debajo de las capas de esclerénquima (Fig. 3 D).

La vascularización de la hoja consiste en una sola nervadura media. El xilema y floema son colaterales. En los radios de parénquima floemático pueden observarse idioblastos con cristales tetraédricos (Fig. 3 E).

Alrededor del haz vascular se ubica el tejido de transfusión, formado por el parénquima y las traqueidas de transfusión. Estas últimas presentan puntuaciones areoladas con abertura circular inclusa. En corte transversal estas puntuaciones presentan el torus aspirado. Rodeando al tejido de transfusión se halla la endodermis, formada por grandes células ovales (Fig. 3 E).

## DISCUSIÓN

La distancia existente entre los diferentes rodales de *Pinus chiapensis*, así como el bajo número de individuos que los componen ha hecho suponer la existencia de ecotipos, aunque esta hipótesis no se ha visto reflejada

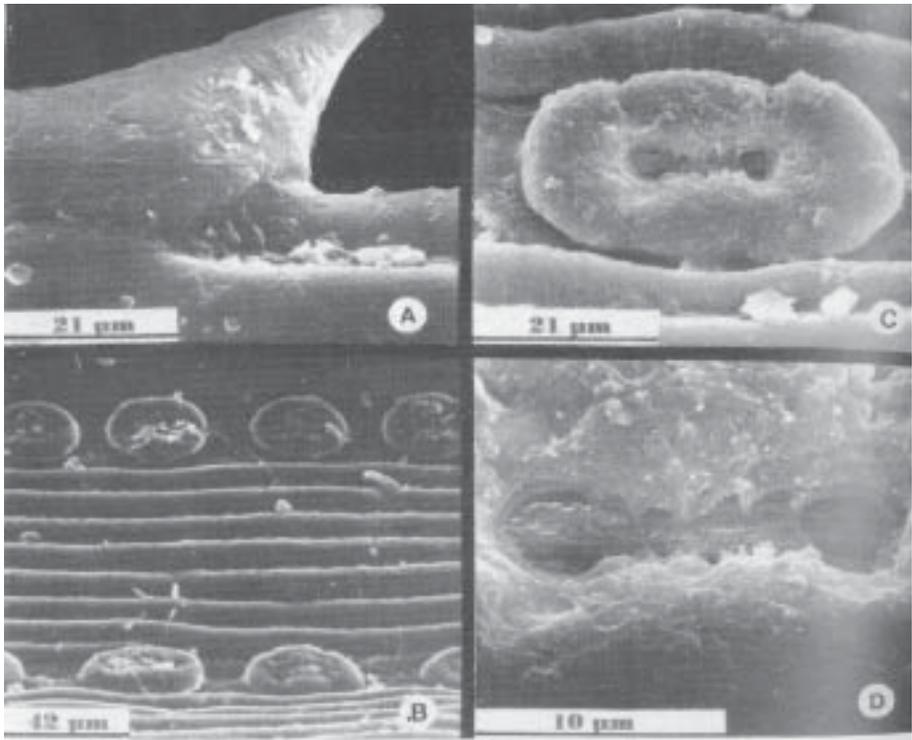


Fig. 2. Hoja de *Pinus chiapensis*, microfotografías al microscopio electrónico de barrido. A, diente marginal; B, superficie adaxial; C, estoma; D, detalle del ostiolo.

Tabla 2. Número de estomas y grosor de la pared tangencial externa de las células epidérmicas.

Especimen (col. S. Acosta) núm.	Altitud (m.s.n.m.)	Hileras de estomas			no. de estomas por mm			Grosor pared tangencial de céls. epidérmicas ( $\mu\text{m}$ )		
		cara A	cara B	cara C	media	máx.	mín.	media	máx.	mín.
2334	2250	3-5	3	0	16	21	14	6.40	7.50	5.00
2372	1870	3	3	0	15.8	17	13	5.90	7.25	5.00
2363	1350	2-3	3	0	13.8	15	12	5.50	6.25	5.00
2376	1320	3	3-4	0	14.3	16	13	5.70	7.00	3.75
2353	315	3-4	3-4	0	13.3	14	12	5.35	7.50	3.25

en la morfología de conos y semillas (Hernández y Eguiluz, 1991), en la longitud de traqueidas (Yáñez y Caballero, 1982), ni en la anatomía y morfología de sus acículas (este estudio).

Una zona importante en la que constituye el elemento dominante en bosques secundarios es la región de El Rincón (alrededores de Tanetze, ver Fig. 1).

Según De Béthancourt-Massieu (1960), en el área de Los Chimalapas (ver Fig. 1) perteneciente a la vertiente del Golfo, *Pinus chiapensis* había sido más abundante, pero a principios del siglo XVIII fue cortado intensivamente por los españoles para la construcción de barcos.

Puede notarse en la tabla 1 que el ejemplar estudiado perteneciente a esta zona (S. Acosta número 2353), no sigue el patrón de relación inversa entre la longitud de las acículas y la altitud observado en los demás

especímenes, ya que presenta una longitud de hojas mucho menor a la esperada por la altitud en la cual se encuentra. Tanto la altitud (300-400 m) como la composición florística de esta área es completamente diferente a la observada en el resto de su área de distribución. Aquí se encuentra a *Pinus chiapensis* en medio de la selva alta perennifolia, con elementos como *Terminalia amazonia*, *Calophyllum brasiliense*, *Dialium guianense* y *Vochysia hondurensis*.

Ésta es una zona libre de heladas, donde la temperatura media anual es cercana a los 25°C; con una precipitación total anual cercana a los 2,500 mm. Wendt (1989) opina que esta área constituye un refugio florístico del Cenozoico.

En las zonas medias y altas (1,300 a 2,300 m.s.n.m.) de su distribución, esta especie se encuentra asociada al bosque mesófilo de montaña. En este tipo de vegetación el porcentaje de humedad atmosférica se

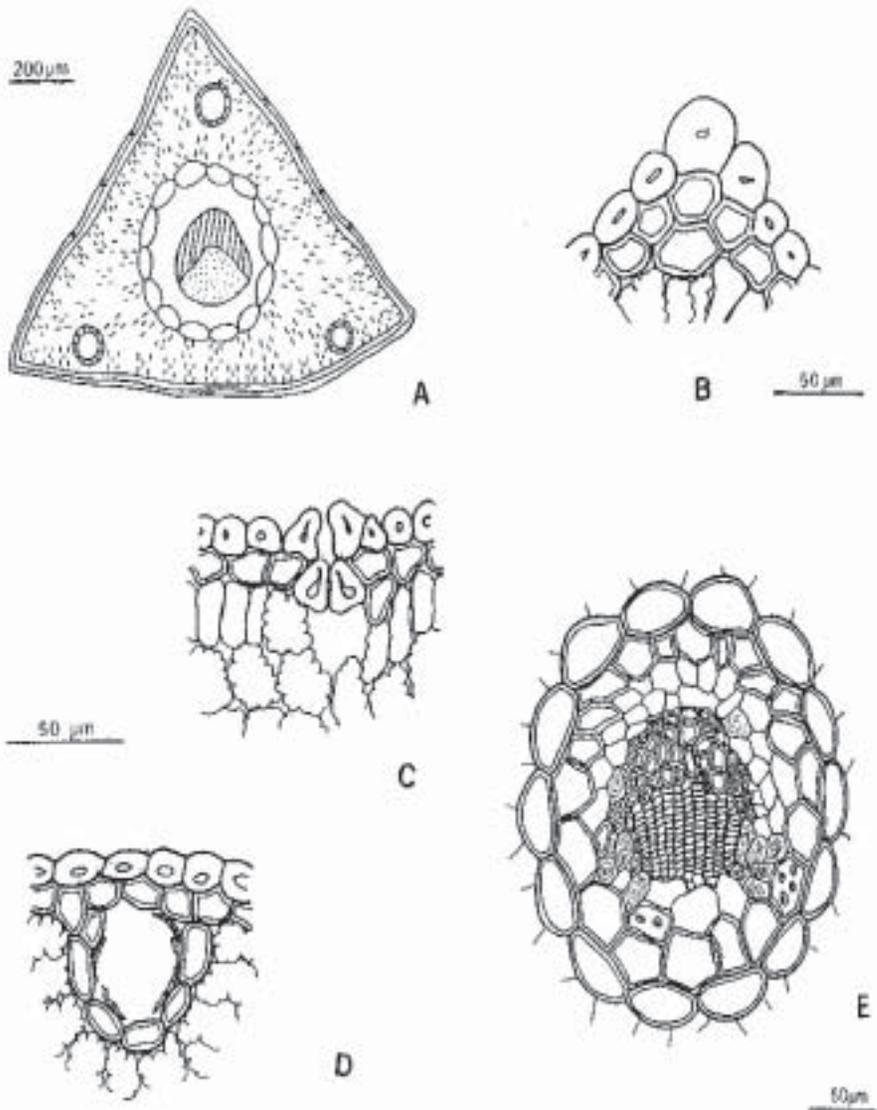


Fig. 3. Hoja de *Pinus chiapensis* en corte transversal. A, aspecto general; B, detalle de una esquina; C, estoma; D, canal resinífero; E, haz vascular.

alto durante la mayor parte del año, la oscilación térmica anual es muy leve (menor de 4°C), con temperaturas mínimas mayores de 0°C, mientras que cerca del límite superior de su distribución altitudinal, en el bosque mesófilo de *Quercus-Liquidambar*, la oscilación térmica es mayor y pueden presentarse heladas esporádicas.

En los ejemplares analizados pertenecientes a estas zonas, puede observarse una disminución en la longitud de las acículas y un incremento tanto en el número de estomas por milímetro lineal como en el grosor de la pared tangencial externa de las células epidérmicas, a medida que aumenta la altitud (Tabla 1).

Las variaciones que se han observado en ciertas características tales como longitud de acícula, grosor de la pared tangencial externa de las células epidérmicas y número de estomas por milímetro lineal, están asociadas a las diferentes condiciones ambientales a las que los individuos están sujetos.

En este trabajo, para simplificar el análisis, solamente se relaciona la variación de las características anatómicas y morfológicas de las hojas en función de la altitud. Debe tenerse en cuenta que asociados a este factor, existen también otros interrelacionados, tales como la temperatura, radiación solar, vientos, humedad atmosférica, precipitación, etc., que varían con la altitud y actúan en forma conjunta sobre los individuos. Por lo tanto, las estructuras descritas surgen como respuesta adaptativa a la totalidad de las condiciones ambientales y no sólo al factor considerado.

Donahue *et al.* (1991) mencionan que *Pinus chiapensis* es una especie con altos requerimientos de humedad, y que éste es el factor limitante de su distribución. Si bien en la actualidad estos pinos crecen en zonas con

humedad ambiental o intensa precipitación, cabría preguntarse si esto refleja los requerimientos básicos para el establecimiento de la especie o bien es consecuencia de factores paleoclimáticos. Estudios llevados a cabo por Lozano *et al.* (1993) en la zona central de México, sugieren que hace 19,000-12,500 años antes del presente (AP), el clima era seco y frío, pero se produjeron aumentos en la humedad ambiental que lo transformaron en frío subhúmedo. Entre los 12,500-9,000 años AP los bosques de *Pinus* y *Quercus* llegaron a su desarrollo máximo, pero tanto la temperatura como la humedad continuaron aumentando hasta 3,000 años AP, provocando una disminución en los bosques de *Pinus*.

En la anatomía de las hojas de *P. chiapensis* pueden observarse adaptaciones para evitar la pérdida de agua, comúnmente presentes en plantas xerófilas, como por ejemplo, estomas hundidos y ausentes en la cara externa de las acículas, epidermis con paredes sumamente engrosadas y refuerzos esclerenquimáticos subepidérmicos.

Estas características pueden considerarse como adaptativas a las condiciones paleoclimáticas que existían en México hace alrededor de 20,000 años, lo que reforzaría la hipótesis de que la distribución actual de este pino es relictual.

### Agradecimientos

El presente trabajo se pudo llevar a cabo gracias al apoyo institucional y financiero de la Red Latinoamericana de Botánica (93-P7). Los autores desean agradecer al Dr. Mark Engleman por sus correcciones y los valiosos comentarios y observaciones, a los Biólogos Rogelio Frago S. y Yolanda Hornelas O., por su apoyo en el desarrollo de técnicas de microscopía electrónica.

## LITERATURA CITADA

- Andresen, J. W. 1964. The taxonomic status of *Pinus chiapensis*. *Phytologia*, 10(6):417-421.
- Anónimo. 1981. Cartas climáticas. Hojas México y Villahermosa. Esc. 1: 1,000,000. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.
- D'Ambrogio de Argüeso, A. 1986. Manual de técnicas en histología vegetal. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 83 pp.
- De Béthancourt-Massieu, A. de. 1960. Arboladura de Santa María de Chimalapa, Tehuantepec, en las construcciones navales indianas 1730-1750. *Revista de Indias*, 20:65-101.
- Del Castillo, R., S. Acosta y N. Sánchez. 1995. Estudio ecológico de *Pinus chiapensis* en el estado de Oaxaca. Informe Técnico. CIIDIR I.P.N. Unidad Oaxaca. Oaxaca. 149 pp. (Inédito).
- Donahue, J. K.; W. S. Dvorak & E. A. Gutiérrez. 1991. The distribution, ecology and gene conservation of *Pinus ayacahuite* and *Pinus chiapensis* in Mexico and Central America. CAMCORE. *Bulletin on Tropical Forestry*, 8:1-28.
- Farjon, A. & B. T. Styles, 1997. *Pinus* (Pinaceae). *Flora Neotropica Monograph* 75. New York Botanical Garden. Bronx. 291 pp.
- Hernández, J. y T. Eguiluz. 1991. Variación morfológica de acículas, conos y semillas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen de Oaxaca y Chiapas. *Revista Chapingo* 75:25-33.
- Lozano, M.S., B. Ortega, M. Caballero & J. Urrutia. 1993. Late Pleistocene and Holocene Paleoenvironments of Chalco Lake, Central Mexico. *Quaternary Research*, 40:332-342.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2da. Ed. Botas. México, D.F. 361 pp.
- Perry, J. P. Jr. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland. 231 pp.
- Rzedowski, J. y L. Vela. 1966. *Pinus strobus* var. *chiapensis* en la Sierra Madre del Sur de México. *Ciencia Mex.*, 24(5-6):211-216.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D.F. 432 pp.
- Wendt, T. 1989. Selvas de Uxpanapa, Veracruz-Oaxaca, México: Evidencias de refugios florísticos Cenozoicos. *An. Inst. Biol. Universidad Nacional Autónoma de México, Ser. Botánica*, 58:29-54.
- Yáñez, O. y M. Caballero. 1982. Estudio de la variación de algunas características de *Pinus strobus* var. *chiapensis* Martínez de tres localidades de su distribución natural. I Densidad relativa y longitud de traqueida de la madera. *Ciencia Forestal*, 17: 1-18.
- Zamora, C. y V. Velasco. 1977. *Pinus strobus* var. *chiapensis*, una especie en peligro de extinción en el estado de Chiapas. *Ciencia Forestal*, 2(8):3-23.