



Descripción Anatómica del Xilema de los cuatro Pinos endémicos de Cuba.

Por: Peter Karstedt Y Margarita Mesa

SUMARIO

Se investigó la estructura del xilema de las 4 especies de pinos cubanos con el propósito de facilitar la identificación de las especies por la madera. Como apenas es posible la distinción macroscópica, se hicieron las observaciones microscópicamente.

A pesar de las múltiples similitudes, también en las propiedades microscópicas, es posible hacer una especificación relativamente precisa, especialmente con la ayuda de los cortes radiales. Las cuatro especies de *Pinus* se diferencian en las punteaduras del parénquima radial y en los dientes que se encuentran en las paredes de las traqueidas radiales - con algunas superposiciones, por supuesto—. En el texto se muestran, tabuladas y fotografiadas, las características decisivas para la especificación de cada especie.

Las diferencias obtenidas dieron lugar a observaciones morfológicas. Se llegó a la conclusión de que las cuatro especies estaban estrechamente relacionadas. Esto no permite una diferenciación clara, desde el punto de vista de la anatomía, de la madera entre las especies de *Pinus* de las dos áreas bien delimitadas en la actualidad, donde estas especies se desarrollan.

En cuanto a la asociación de las especies, según lo dicho por GREGUSS (1955) para el *P. occidentalis*, caen dentro del grupo de las especies de *Pinus* diploxi-les, como un tipo intermedio entre los subgrupos "banksiana" y "ponderosa". No se excluye una graduación en cuanto a la edad entre las especies a causa de un posible desarrollo fitogenético de las punteaduras que se encuentran en las paredes radiales del parénquima radial: desde las punteaduras pinoides bien diferenciadas en grupos de a cuatro hasta las solitarias punteaduras de ventana de gran lumen bien conocidas. De acuerdo con esto, el *P. tropicalis* se pudiera colocar en la categoría de la especie más antigua, seguida de cerca, especialmente, por el *P. caribaea* y por el *P. cubensis*. El *P. occidentalis* se asemeja al *P. cubensis*, pero al tener una gran mayoría de punteaduras de ventana, pudiera considerarse como la especie más joven.

SUMMARY

The structure of the xylem of the 4 Cuban pines species was investigated in an attempt to simplify identification.

In spite of many similarities, inclusive of microscopical properties, it is possible to make a relatively accurate identification, using radial sections. In the 4 *Pinus* species differences occur in the radial parenchyma pits and in the teeth located in the walls of the radial tracheids. The text details the most important characters in tables and photographs for the identification of each species.

Because of these differences, morphological investigations were made. The conclusion was that the 4 Cuban species are closely related. This does not permit clear differentiation, from the wood anatomy point of view, between the *Pinus* species of the 2 areas where these species occur. According to the species association, Greguss (1955), they are within the group of the *Pinus diploxiles* as an intermediate type among the subgroups "banksiana" and "ponderosa". A gradation according to the age of the species is not excluded due to the possibility of phylogenetic development of the pits located in the radial walls of the radial parenchyma.

This being the case, we can classify *P. tropicalis* as the oldest species, closely followed by *P. caribaea* and *P. cubensis*. *P. occidentalis* is somewhat similar to *P. cubensis* but as it has a greater quantity of window pits it may be considered as the youngest species.

S O M M A I R E .

Afin de rendre plus facile l'identification du xyleme on a mené des recherches sur soil structure pour les quatre especes de pins cubains.

Malgré: de divers similitudes, meme aux propriétés microscopiques, il est possible d'obtenir une détermination relativement précise, à l'aide des coupes radiales. Les 4 especes de *Pinus* présentent des différences sur leurs ponctuations au parenchyme radial et sur les dents qui se trouvent dans les parois des trachéides radiales. Dans le texte on trouve les caractéristiques le plus importantes, tabulées et photographiées, qui déterminent chaque espece.

Les differences obtenues ont conduit à des observations morphologiques. On a conclut que les 4 especes ont des relations tres étroites. Du à cela, on ne peut pas faire une distinction claire entre les especes des deux aires naturelles du point de vue de l'anatomie du bois. Quant à l'association des especes, d'après Greguss (1955), les especes appartiennent au groupe des *Pinus diploxiles*, soit un type intermediaire entre les sousgroupes "banksiana" et "L'ponderosa". On n'exclut pas une gradation quant à l'âge entre les especes à cause du possible développement fitogénétique des ponctuations qui se trouvent dans les parois radiales du parenchyme radial.

Selon ce qui précède *P. tropicalis* pourrait se classer comme l'espece la plus ancienne, suivie de pres par *P. caribaea* et *P. cubensis*. Le *P. occidentalis* se rassemble au *P. cubensis* mais en pourrait le considerer comme l'espece la plus jeune vue sa forte majorité de ponctuations à fenetres.

1. Introducción

El objetivo de este trabajo está en función del valor potencial y económico del género *Pinus* en Cuba. Hay principalmente cuatro especies: *Pinus caribaea* var. *caribaea* Barrett y Golfari (Pino macho), *Pinus tropicalis* Morelet (Pino hembra), *Pinus cubensis* Griseb (Pino de Mayarí) y *Pinus occidentalis* Swartz (Pino de la Sierra Maestra), que por las múltiples posibilidades de uso de su madera, ocupa una posición importante en el desarrollo de la industria maderera del país.

Hasta ahora la estructura anatómica de las cuatro especies de *Pinus* es poco conocida. Superficialmente, el xilema de ellas presenta pocas diferencias, pero sus características microscópicas, muy especiales, pueden dar como resultado diferenciaciones en sus propiedades tecnológicas.

Estos ensayos se realizaron para obtener un mejor conocimiento sobre el xilema de las especies del género **Pinus** en Cuba. Entre las especies, se evaluaron las diferencias anatómicas que posibilitan la determinación de éstas.

2 Distribución geográfica

De acuerdo con la distribución del género *Pinus* en Cuba hay dos regiones principales: la región Occidental y la región Oriental.

En la región Occidental crecen el *Pinus caribaea* y el *Pinus tropicalis*. El *Pinus caribaea* tiene su origen en la zona de Cajalbana al norte y en otras regiones de la provincia de Pinar del Río. Además se encuentra en otras provincias con buenos resultados en plantaciones. El *Pinus tropicalis* crece especialmente en las zonas de sabanas arenosas y se encuentra asociado con el *Pinus caribaea* en los pinares de pizarra. En la región Oriental existen las dos especies restantes, el *Pinus cubensis* y el *Pinus occidentalis*, cada una en zonas bien delimitadas. El *Pinus cubensis* está ubicado en Pinares de Mayarí, Guantánamo y Baracsa y el *Pinus occidentalis* en la Sierra Maestra.

3 Descripción botánica

Hay variaciones en las características botánicas de las especies cubanas de *Pinus*, pero las propiedades fundamentales están bien descritas por los autores HERMANO LEON 1946, HERMANO ALAIN (1964) y MATOS GONZALEZ (1963).

Pinus caribaea var. *caribaea* Barrett y Golfari (Pino Macho). Es un árbol de hasta 30 m o más de altura y de hasta 70 cm de diámetro; tiene hojas en forma de fascículo, comúnmente en grupos de 3; rara vez en grupos de 4 acículas de 15-25 cm de largo y 1,0-1,5 mm de espesor. Los conos son ligeramente asimétricos, cónicos cuando están cerrados y ablongos cuando están abiertos, de 8-12 (-25) cm de largo.

Pinus tropicalis Morelet (Pino hembra). Es un árbol de 25 m o más de altura y de 50 cm o más de diámetro. Sus ramas crecen en verticilos más o menos regulares. Tienen agujas en fascículos, comúnmente en grupos de 2, de 20-30 cm de largo. Los conos subterminales son erguidos.

Pinus cubensis Griseb (Pino de Mayarí). Es un árbol que puede alcanzar una altura de 35 hasta 40 m de largo y un diámetro de 1 m. Tiene comúnmente 2 agujas en fascículos; rara vez 3 agujas de color verde oscuro y de 415 cm de largo. Conos subterminales, reflejos con escamas mucronadas cuando jóvenes.

Pinus occidentalis Swartz (Pino de la Sierra Maestra). Es un árbol de 25-30 m de alto y de 1 m o más de diámetro, con ramas irregulares y copa redonda. Las agujas suaves en fascículos de 3, raramente de 2, 4 ó 5, de 20-25 cm de largo y menos de 1 mm de grueso, son verde-amarillentas, suaves y flexibles. Los conos son generalmente subterminales y erectos, de 5-8 cm de largo.

4. Ensayos

4.1 Material

Las muestras de madera coleccionadas para estos ensayos fueron tomadas de diferentes procedencias en la Isla. Se colectaron muestras de 2 y hasta de 4 árboles, de cada especie, en las ubicaciones mencionadas en la Tabla 1.

TABLA 1

Procedencia de las muestras coleccionadas del género **Pinus**

Especies	Procedencias
Pinus caribaea	Masa semillera No. 3, San Diego de los Baños; Pinar del Río y Pinares de Cajálbana, Pinar del Río.
Pinus tropicalis	Llano de Manacas; carretera de Puerto Esperanza, Santa Lucía, Pinar del Río.
Pinus cubensis	Estribaciones de la Mensura, Pinares de Mayarí, Oriente y cerca de Baracoa.
Pinus occidentalis	Los Números, Bayamo, Oriente.

Se tomaron las muestras de fustes y ramas y se conservaron en alcohol de 90°, directamente después de la tala. La edad de los árboles era de 5 hasta 20 años.

4.2 Métodos

Las muestras coleccionadas del xilema fueron cocidas durante 1.2 h, hasta su

ablandamiento y después fueron cortadas con el micrótopo con un espesor de **20** hasta **30** μ . Se tomaron en cuenta los cortes: transversal, radial y tangencial. Se colorearon las preparaciones con Hematoxileno y Safranina, posteriormente se fijaron en "Euparal". Las observaciones de la estructura de la madera se realizaron con el microscopio de luz; para la descripción se utilizó la clave de anatomía de WAGENFUHR (1966) y el glosario internacional de términos utilizados en anatomía de la madera, de la International Association of Wood-Anatomists traducido al castellano por COROTHIE (1963). Las dimensiones de los diferentes tipos de células se midieron con material de xilema macerado según JEFFREY (10 % $H_3 PO_4$ y 10 % $H_2 CrO_4$ en relación 1:1) y coloreado con Safranina.

4 3 Resultados

Se agruparon los detalles y datos de la descripción anatómica del xilema de las especies de Pinus en forma de tabla:

Pinus caribaea var. caribaea Barrett y Golfari:

Descripción general	En el corte transversal se observa un cambio brusco entre la madera de "otoño" y la madera de "primavera". El ancho de los anillos de crecimiento, a veces, es muy diferente. El tipo de célula fundamental es el de fibrotraqueida. La relación del diámetro promedio entre estas células de "otoño" y de "primavera" es de 1:1,2 .
Fibrotraqueidas	Forman un 90 % del tejido; su orientación es muy radial; en general, son de forma poligonal con 4 y hasta 6 paredes.
Punteaduras	Areoladas en la pared radial con diámetro \pm 18 μ . En raras ocasiones se presentan en parejas. Abundantes en la madera de "primavera" y escasas en la madera de "otoño". Irregularmente aparecen "vigas de Sanio" (Crassulae) entre punteaduras densas.
Dimensiones	Largo: 1 200 - 1 945 - 2 700 μ . Dimensiones en el diámetro (P/L/P). Madera de "primavera": 3/26/3 μ . Madera de "otoño": 8/12/9 μ .
Contenidos	Se observan contenidos de resina entre los espacios de las traqueidas. Otros contenidos no visibles.
Parénquima longitudinal	Escaso, en contacto con los radios y en forma de células epiteliales, al lado de los canales de resina en serie de 1 a 4 células, con paredes algo gruesas.

Punteaduras	En las células dispersas redondas pequeñas con $\pm 8 \mu$ y escasas. En las células epiteliales no son visibles.
Septas	De 1 hasta 2 septas en las células dispersas. Las células epiteliales con 2 septas.
Dimensiones	Largo: Células dispersas: $\pm 650 \mu$ Células epiteliales: $\pm 610 \mu$ Ancho: Células dispersas: $\pm 30 \mu$ Células epiteliales: $\pm 33 \mu$
Contenidos	Resinas en las células al lado de los radios. Otros contenidos no son visibles.
Radios	Se encuentran distribuidos sin ordenación. Su composición es heterocelular, es decir, están constituidos por células de parénquima y traqueidas radiales. Las traqueidas se encuentran, por lo general, entre los grupos del parénquima y a ambos lados del radio. Sus pisos de series son de 1 hasta 3. Las traqueidas que bordean los radios en 1 ó 2 pisos tienen sus acotamientos lisos, con algunas irregularidades. Sus paredes, interiormente, tienen engrosamiento en forma de dientes o espirales cortos y no siempre visibles. Las células del parénquima se encuentran, en general, en 2 y hasta en 4 pisos de series. Hay radios con canales de resina y células epiteliales en su centro.
Densidad	$\pm 8/mm$
Punteaduras	En las células del parénquima aparecen, generalmente, desde 2 hasta 4 grupos con 3 y hasta 4 punteaduras sobre la pared radial; escasos, en grupos de 1 hasta 2, especialmente en la madera de "otoño". Punteaduras de ventanas legítimas no visibles. Predomina el tipo pinoide y pocas veces aparece el tipo cupresoide en madera de "primavera". Las punteaduras de las traqueidas radiales son de forma redonda hasta ovoide, no muy abundantes y más pequeñas que las del parénquima. Las dimensiones de las células del parénquima son 5-9-16 μ De las células epiteliales son: 46-9 μ De las traqueidas son: 3-4-5 μ

Dimensiones

Altitud de radios **2-14** células.

Ancho de radios: 1 célula (algunas con 2 células epiteliales y con canal de resina).

Parénquima radial

Largo: 70-130-275 μ

Ancho: 18-23-28 μ

Profundidad: 13-18-22 μ

Células epiteliales

Largo: 95-115-135 μ

Ancho: 18-25-30 μ

Profundidad: 12-18-27 μ

Traqueidas radiales

Largo: 63-111-169 μ

Ancho: 11-16-26 μ

Profundidad: 10-14-20 μ

Contenidos

No visibles.

Canales

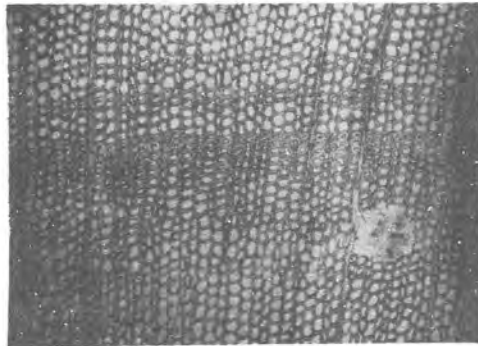
Se observan canales de resinas, formados por células epiteliales de paredes gruesas.

Diámetro tangencial: 73-105-133 μ

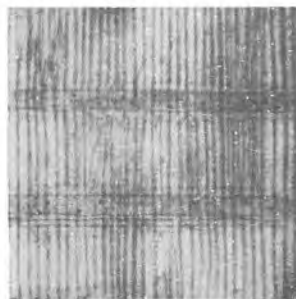
Densidad: < 1/mm².

Pinus caribaea var. caribaea Barrett y Golfari
(Aumento: 80x)

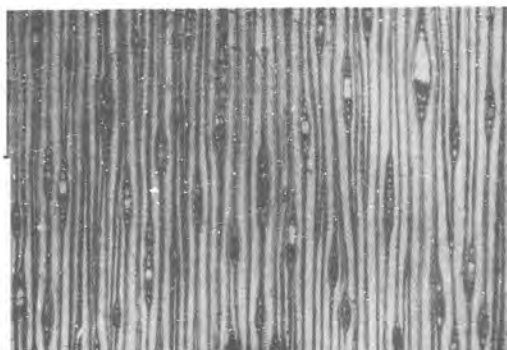
Corte transversal



Corte radial



Corte tangencial



Pinus tropicalis Morelet:

Descripción general

Se observa, en el corte transversal, un cambio brusco entre la madera de "primavera" y la madera de "otoño".

El ancho de los anillos de crecimiento varía bastante. Algunas veces la parte de madera de "otoño" es más gruesa que la parte de madera de "primavera". El tipo de célula fundamental es la fibrotraqueida. La relación del diámetro promedio de estas células entre, la madera de "otoño" y la madera de "primavera" es de 1:1,3.

Fibrotraqueidas

Forman un 90 % del tejido; su orientación es radial; tiene forma poligonal, redonda u ovoide; presentan, por lo general, 4 paredes.

Punteaduras

Presentan punteaduras areoladas con diámetro de $\pm 16 \mu$ en la pared radial de las células de "primavera"; son abundantes y en series sencillas, algunas veces, en parejas. En las células de "otoño" son más escasas. En la pared tangencial no hay ninguna punteadura visible.

"Vigas de Sanio" (Crassulae) se encuentran entre punteaduras densas.

Dimensiones

Largo: 415-2 890-3 700 μ

Dimensiones en el diámetro (P/L/P)

Madera de "primavera": 5/19/4 μ

Madera de "otoño": 11/11/8 μ

Contenidos

Se observan contenidos de resina entre las especies de las traqueidas.

Otros contenidos no son visibles.

Parénquima longitudinal

Se observan escasas células de este tipo y en contacto con los radios y en series tangenciales de una célula. También hay células epiteliales al lado de los canales en series de 1 y hasta 2, con paredes algo gruesas.

Punteaduras

De forma redonda, muy escasas.

En células epiteliales más ovoides, más pequeñas y también escasas.

Septas

Por lo general, 1 septa, pero no situada en el centro de la célula. Células epiteliales, en general, 2 septas.

Dimensiones Largo: células dispersas \pm **1 100** μ
 Células epiteliales \pm **700** μ
 Ancho: Células dispersas \pm **46** μ
 Células epiteliales \pm **28** μ

Contenidos No visibles.

Radios

Se encuentran distribuidos sin ordenación: son heterocelulares; están formados por traqueidas y células de **parénquima** radiales.
 Las traqueidas se encuentran entre los grupos de parénquima y a ambos lados del radio.
 Están en grupos de **1** y hasta **5** pisos de series entre las células parenquimatosas y en **1** piso, por lo general, a los lados. Las paredes de las traqueidas presentan interiormente engrosamientos en forma de dientes bien ramificados (X o Y) o espirales.
 Los grupos de células del parénquima están en pisos de series de **1** y hasta **10**.
 Hay radios con canales de resinas y células epiteliales en su centro.
 Las traqueidas tienen sus bordes regulares.

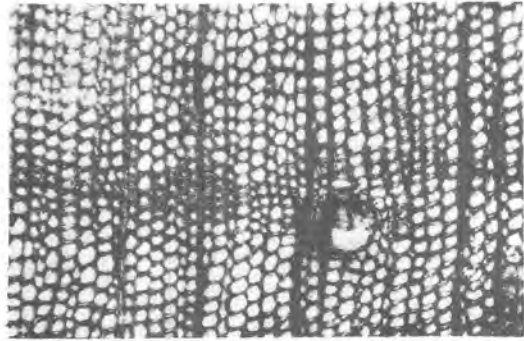
Densidad \pm **6/mm**

Punteaduras En su mayoría tienen **2** y hasta **3**, raramente **1** ó **4** punteaduras agrupadas, pero bien separadas de una a otra; **3** hasta **4** grupos sobre una pared radial del parénquima radial. Predomina el tipo pinoide. No se observaron punteaduras de ventanas legítimas.
 Punteaduras en las traqueidas escasas, más pequeñas en el parénquima y del tipo cupresoide hasta taxoide.
 Las dimensiones de las células del parénquima son: **6-11-15** μ
 En las células epiteliales y en las traqueidas muy escasas o no visibles.

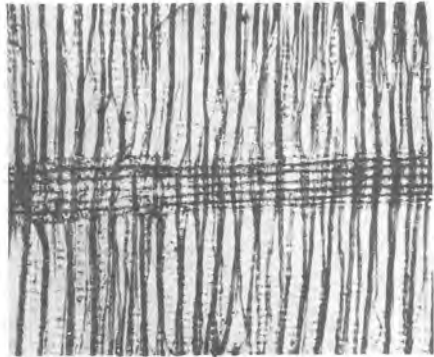
Dimensiones Altitud del radio: **2-26** células.
 Ancho del radio: **1** célula (algunos con **2** ó **3** células epiteliales y con canal de resina).
 Parénquima radial
 Largo: **38-148-174** μ
 Ancho: **25-30-35** μ
 Profundidad: **17-21-27** μ
 Células epiteliales
 Largo: **100-135-195** μ
 Ancho: **22-26-32** μ
 Profundidad: **15-18-21** μ

Pinus tropicalis Morelet
(Aumento: 80x)

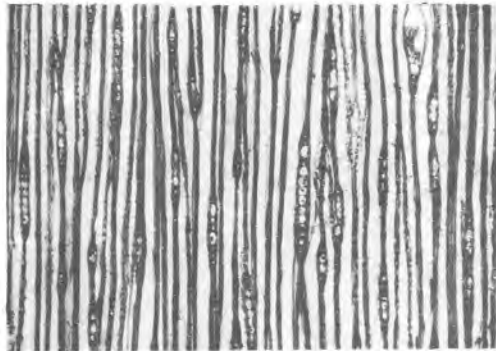
Corte transversal



Corte radial



Corte tangencial



	Traqueidas radiales
	Largo: 69-135-210 μ
	Ancho: 15-23-29 μ
	Profundidad: 10-15-18 μ
Canales	Se observan canales de resinas formados por células epiteliales de paredes algo gruesas. Diámetro tangencial: 93-135-145 μ Densidad: < 1/mm ²
Pinus cubensis Griseb	
Descripción general	
	Presenta un cambio brusco entre la madera de "otoño" y la madera de "primavera". El ancho de los anillos de crecimiento parece más proporcionado; el tipo de célula fundamental es la fibrotraqueida. La relación del diámetro en estas células de madera de "otoño" y madera de "primavera" es de 1:1,2.
Fibrotraqueidas	Forman un 90 % o más del tejido, con orientación radial, su forma es poligonal a cuadrada, con 4 y hasta 5 paredes.
Punteaduras	Areoladas, en series sencillas algunas veces en parejas, con diámetro \pm 16 μ en la madera de "primavera". En el xilema de "otoño" se encuentran más pequeñas y dispersas. No hay punteaduras en la pared tangencial. Hay "vigas de Sanio" (Crassulae) entre punteaduras densas de la madera de "primavera".
Dimensiones	Largo: 1 020 - 2 100 - 3 260 μ Dimensiones en el diámetro (P/L/P): Madera de "primavera": 5/13/5 μ Madera de "otoño": 7/8/6 μ
Contenidos	No visibles, solamente alguna resina.
Parénquima longitudinal	Células dispersas, generalmente en contacto con los radios; son escasos. También hay células epiteliales al lado de los canales de resina, en series de 1 y hasta 3, con paredes finas.
Punteaduras	Redondas, escasas y pequeñas, con \pm 9 p. Células epiteliales poco visibles.
Septas	Células dispersas: 1 septa. Células epiteliales: 2-3 septas.

Dimensiones Largo: Células dispersas: $\pm 980 \mu$
 Células epiteliales: $\pm 590 \mu$
 Ancho: Células dispersas: $\pm 26 \mu$
 Células epiteliales: $\pm 28 \mu$

Contenidos No visibles.

Radio Se encuentran distribuidos sin ordenación, son heterocelulares, constituidos por traqueidas y células de parénquima radiales. Las traqueidas se presentan de 1-4 pisos de series entre las células parenquimatosas y a ambos lados del radio en pisos de 1-3 células. Sus paredes presentan sus acotamientos lisos y poco irregulares. Interiormente con engrosamientos en forma de dientes bien ramificados (X o Y) o en espirales. Hay radios con canales de resina en su centro y células epiteliales. Células de parénquima en 1 y hasta 4 pisos de series.

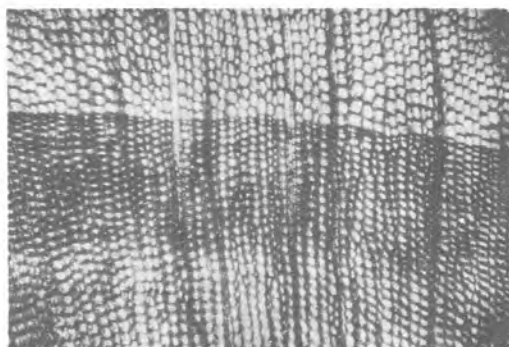
Densidad $\pm 6/mm$

Punteaduras En el parénquima son del tipo pinoide. Hay, en general, de 3 hasta 5 grupos con 2 y hasta 3; son escasos con 1 ó 4 punteaduras en conjunto en la pared radial. Muchas veces se agrupan en forma de almendra. Aparece como etapas de punteaduras. No hay punteaduras de ventanas legítimas. En las traqueidas se encuentran en forma taxodioides; son más pequeñas que en el parénquima y escasas. Las dimensiones de las células del parénquima son: 7-13-20 μ . Células epiteliales: no visibles, de las traqueidas: 6-8-10 μ .

Dimensiones Altitud del radio: 3-14 células.
 Ancho del radio: 1 célula (algunos radios con canales y con 2 series de células epiteliales).
 Parénquima radial
 Largo: 68-107-134 μ
 Ancho: 21-29-38 μ
 Profundidad: 22-31-40 μ
 Células epiteliales
 Largo: 80-105-130 μ
 Ancho: 20-25-32 μ
 Profundidad: 6-8-9 μ
 Traqueidas radiales
 Largo: 97-113-126 μ
 Ancho: 19-21-26 μ
 Profundidad: 19-24-37 μ

Pinus cubensis Griseb:

Corte transversal
(Aumento: 80x)



Corte Radial
(Aumento: 160x)



Corte tangencial
(Aumento 160x)



Contenidos	No visibles.
Canales	Se observan canales de resinas en la sección transversal y radial. Los canales están formados por células epiteliales de paredes delgadas y finas. Diámetro tangencial: 34-49-80 μ Densidad: < 1/mm ²

Pinus occidentalis Swartz:

Descripción general

Cambio brusco entre la madera de "otoño" y la madera de "primavera".
El ancho de los anillos de crecimiento está bien proporcionado y grande. El tipo fundamental de célula es la fibrotraqueida. La relación del diámetro en estas células de madera de "otoño" y madera de "primavera" es de 1:1,3.

Fibrotraqueidas

Constituyen más del **90** % del tejido, con orientación radial, de forma poligonal hasta cuadrada, con **4-6** paredes.

Punteaduras

Areoladas en la pared radial con diámetro de $\pm 17 \mu$ en las traqueidas de la madera de "primavera".
Su concentración es alta, presenta el torus redondo hasta oval.
Se encuentran "vigas de Sanio" (Crassulae) entre punteaduras densas.

Dimensiones

Largo: **1 000 — 2 81,0 — 3 270** μ .
Dimensiones en el diámetro (P/L/P):
Madera de "primavera": **4/24/3** μ .
Madera de "otoño": **6/13/6** μ .

contenidos

No visibles; se excluye en la resina.

Parénquima longitudinal	Muy escaso y disperso, con casi las mismas dimensiones que las traqueidas. Hay células epiteliales que cubren los canales resiníferos, con paredes delgadas.
Punteaduras	En el parénquima longitudinal, muy escasas; en las células epiteliales, poco visibles, con $\pm 7 \mu$; parecen escasas.
Septas	En el parénquima longitudinal algunas células con 1 septa, en las células epiteliales, por lo general, 2 septas.
Dimensiones	Largo: Parénquima longitudinal: $\pm 1\ 200 \mu$ Células epiteliales: $\pm 580 \mu$ Ancho: Parénquima longitudinal: $\pm 26 \mu$ Células epiteliales: $\pm 25 \mu$
Contenidos	Contiene resina.
Radios	Se encuentran distribuidos sin ordenación; son heterocelulares. Están formados por células del parénquima y traqueidas radiales, de las cuales las últimas normalmente bordean los radios en una serie. Algunas veces faltan en un borde. Pueden presentarse también entre las series de células del parénquima de 1 hasta 3 pisos de series; en su mayoría un piso. El parénquima se agrupa en pisos de 1 hasta 11; en su mayoría de 3 a 6. Las traqueidas tienen sus acotamientos lisos, las que bordean los radios presentan una forma algo irregular; interiormente, en las paredes, hay engrosamientos muy pequeños y poco visibles, en forma de dientes. Hay radios con canales de resina y células epiteliales.
Densidad	$\pm 5/\text{mm}$
Punteaduras	Las células del parénquima en su mayoría presentan punteaduras solteras semejantes al tipo ventana. Punteaduras de ventanas legítimas escasas. Algunas veces las punteaduras son más pequeñas, de forma oval y algo pinoide, en este caso se agrupan en 2, 3 y hasta 4, con 3 hasta 4 grupos en la pared radial. Las traqueidas presentan punteaduras del tipo taxoide a redondo, muy escasas y mucho más pequeñas que las punteaduras del parénquima.

Las dimensiones de las células del parénquima radial son: **10-17-31** μ y de las traqueidas: **8-8-14** μ .

En las células epiteliales no son visibles.

Dimensiones

Altitud del radio: **2-13** células.

Ancho del radio: **1** célula (rara vez 2 células **epite-**liales en el canal de conducción de resina).

Parénquima radial

Largo: **95-127-156** μ

Ancho: **12-18-24** μ

Profundidad: **15-17-20** μ

Células epiteliales

Largo: **32-55-70** μ

Ancho: **20-25-35** μ

Profundidad: **8-12-15** μ

Traqueidas radiales

Largo: **67-103-120** μ

Ancho: **11-16-21** μ

Profundidad: **10-11-14** μ

Contenidos

Aparte de alguna resina, nada visible.

Canales

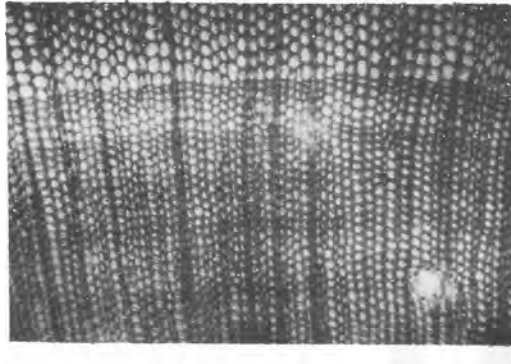
Canales de resina formados por células epiteliales de paredes delgadas, difíciles de medir, en 2 hasta 5 series y en el centro un pequeño canal.

Diámetro tangencial: **72-97-111** μ 0

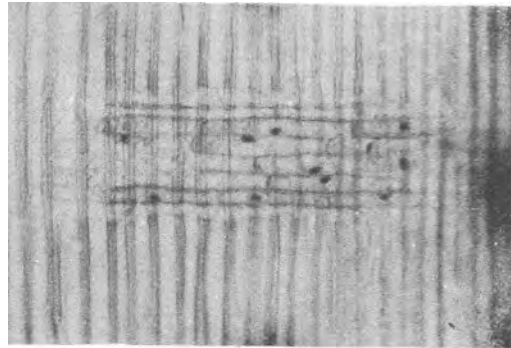
Densidad: **< 1/mm²**

Pinus occidentalis Swartz:

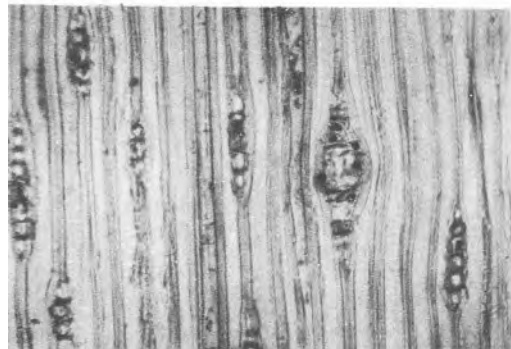
Corte transversal
(Aumento: 80x)



Corte radial
(Aumento: 160x)



Corte tangencial
(Aumento: 160x)



5. Comparación entre las especies

La estructura microscópica de los xilemas de las cuatro especies de *Pinus* parece similar, y son necesarias observaciones muy exactas para ver las diferencias entre ellas.

Hay algunas diferencias entre las dimensiones y la abundancia de las diferentes células, pero éstas solamente tienen un valor limitado para hacer distinciones rápidas entre las especies.

Se observa alguna diferencia en las células epiteliales longitudinales. Las paredes de estas células en *Pinus caribaea* y *Pinus tropicalis* están algo gruesas y aparecen finas en *P. eubensis* y *P. occidentalis*, lo que da por resultado su rápida destrucción durante el corte del micrótopo. Las diferencias principales se encuentran en los radios. Se refieren específicamente a las células del parénquima radial y las traqueidas radiales. En las células del parénquima radial hay distinciones en la formación de punteaduras; en las traqueidas aparecen diferencias en el engrosamiento interior de las paredes y en las punteaduras. Los detalles de las distinciones se mencionan en la Tabla 2.

TABLA 2
DIFERENCIAS DETALLADAS EN LOS RADIOS DEL XILEMA DE LOS
CUATRO *PINUS* Spp. DE CUBA

Tipo de célula	<i>P. caribaea</i>	<i>P. tropicalis</i>	<i>P. eubensis</i>	<i>P. occidentalis</i>
Parénquima radial.	Grupos de 2 hasta 4 punteaduras, conjunto en forma densa. Punteaduras pinoides. No punteaduras de ventanas legítimas 2-4 grupos de punteaduras en una pared.	En general 2 hasta 5 punteaduras: escasas 1 ó 4. Punteaduras bien definidas, separadas y menos agrupadas. Punteaduras más redondas y menor pinoides. No punteaduras de ventanas legítimas con 3-4 grupos de punteaduras en una pared.	En general, 2 hasta 3 punteaduras, escasas 1 ó 4, conjunto en forma densa muchas veces como en forma de almendra y en la etapa anterior a su fusión. Punteaduras de ventanas legítimas, muy escasas: 3-5 grupos de punteaduras por pared.	En general 1 punteadura de forma pinoides hasta ventanas; también punteaduras más pequeñas en grupos de 2 hasta 3; más escasas en 4; forma pinoides. Algunas veces punteaduras en ventanas Legítimas con 3-4 punteaduras solteras o grupos en la pared.
Traqueidas radiales	En ambos lados del radio con paredes lisas, pero con algunas sinuosidades. Interiormente engrosamientos en forma de espirales o en forma de dientes poco visibles. Punteaduras redondas, pequeñas y escasas.	En ambos lados del radio con paredes lisas y muy escasas, sinuosidades bajas. Interiormente engrosamientos bien claros en forma de dientes ramificados (X o Y) en las paredes. Aparecen punteaduras en forma cupresóide hasta taxidióide, pequeñas y escasas.	En ambos lados del radio con paredes lisas y con algunas sinuosidades. Interiormente engrosamientos bien definidos en forma de dientes ramificados (X o Y) en las paredes. Punteaduras aparecen en forma taxidióide, pequeñas, escasas.	En ambos lados del radio con paredes lisas y escasas y con algunas sinuosidades. Pocos engrosamientos en forma de dientes o espirales visibles. Punteaduras de forma taxidióide hasta redonda, pequeñas, escasas.

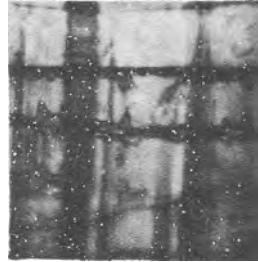
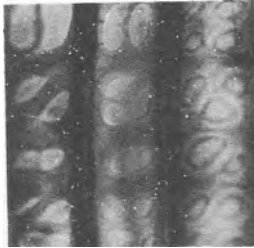
Fotografías de las punteaduras en el parénquima radial y del engrosamiento interior de las paredes de las traqueidas radiales en las cuatro especies de Pinus en Cuba.



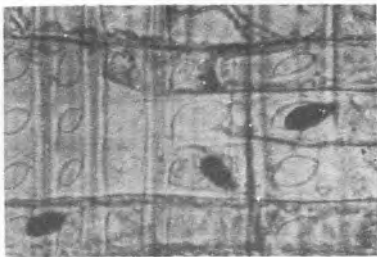
***Pinus tropicalis* Morelet
(Aumento: 400x)**



***Pinus caribaea* var. *caribaea*
Barrett y Golfari
(Aumento: 400x)**



***Pinus cubensis* Griseb**
(Aumento: 400X)



***Pinus accidentalis* Swartz**
(Aumento: Parénquima con
punteaduras: 400x. Traquei-
das radiales con engrosamien-
tos: 1 000x)

6. Discusión y conclusiones

Es posible determinar las cuatro especies de pinos cubanos si se atiende a la estructura anatómica de su madera. Como superficialmente su estructura anatómica parece simiiar es necesario hacer observaciones microscópicas para distinguir y determinar estas especies. Para hacer una determinación rápida sin evaluaciones estadísticas, estas observaciones microscópicas pueden limitarse a las células del parénquima y a las traqueidas de los radios de la madera de "primavera". Aunque existen coincidencias en sus propiedades, es evidente que la distribución de las punteaduras sobre la pared radial de las células del parénquima y la presencia de engrosamientos en forma de dientes ramificados o espirales en la pared de ras células de las traqueidas, son característicos en cada una de las 4 especies.

De acuerdo con GREGUSS (1955) se puede suponer que las pequeñas diferencias en las dimensiones de los distintos tipos de células, en estas especies, se pueden considerar como un poco significativas porque están influidas por la edad, el clima y el sitio donde se desarrollan.

Según GREGUSS (1955) y ESAU (1965) las células del parénquima longitudinal se encuentran en las especies de *Pinus* solamente como células epiteliales, en conjunto con los canales de resina. En las 4 especies cubanas de *Pinus* se observaron al lado de las células epiteliales y de las fibrotraqueidas, células con casi las mismas dimensiones que ellas, pero con características especiales de celulas del parénquima, como la presencia de una septa; algunas con presencia de contenido de resina y por su contacto, en general, con los radios. Se observó el núcleo en la mayoría de las células. En este trabajo estas células se definen como células del parénquima longitudinal.

La comparación de los resultados obtenidos en la literatura referente fue posible solamente para la especie *Pinus occidentalis*. La descripción de esta especie hecha por GREGUSS (1955) se aparta, evidentemente, de las observaciones realizadas en este trabajo. Sus anotaciones sobre la altitud de los radios y la distribución de las punteaduras en el parénquima radial corresponden, aproximadamente, a las observaciones de estas propiedades realizadas ahora en *Pinus eubensis*, que también crece en la misma provincia (Oriente). GREGUSS (1955), por ejemplo, mencionó las punteaduras agrupadas en la pared del parénquima radial; por el contrario, los resultados obtenidos demostraron que el *Pinus occidentalis*, entre las cuatro especies de pinos cubanos, es la que tiene punteaduras fenestriformes solas, en su mayoría. Los botánicos nacionales, al igual que los técnicos forestales, saben que hay posibilidades de cruzamiento entre el *Pinus cubensis* y el *Pinus occidentalis* y por esta razón se hace difícil distinguir botánicamente estas dos especies en los lugares donde aparecen juntas, aunque, en general, son dos especies con sus características bien diferenciadas.

Como GREGUSS en su descripción no mencionó el sitio donde se recolectó el material de su estudio, ha sido imposible ofrecer una explicación más clara sobre esta discrepancia. Los resultados de este trabajo dan lugar a algunas interpretaciones morfológicas entre las cuatro especies de pinos estudiados. No es posible llegar a afirmaciones definitivas ya que el material utilizado fue escaso y se carece de material referente a estas especies. Son esenciales otros ensayos con material de más procedencias. Sin embargo, es posible dar algunas indicaciones y sugerencias en este aspecto morfológico:

1. En cuanto a la estructura de la madera es imposible establecer una delimitación definida entre las especies estudiadas en Oriente y las estudiadas en Pinar del Río. Por la presencia de engrosamientos en forma de dientes o espirales, interiormente, en las paredes de las traqueidas radiales y por las paredes más o menos finas de las células epiteliales, se unen las 4 especies en el grupo de los pinos diploixibles, según GREGUSS orientadas entre los subgrupos "banksiana" y "ponderosa".
2. No es posible pasar por alto que las dos especies: *P. tropicalis* y *P. cubensis* se encuentran estrechamente relacionadas entre sí por la presencia evidente y similar de engrosamientos en forma de dientes ramificados o espirales en las paredes de las traqueidas de los radios. Lo mismo se puede decir de las especies *P. caribaea* y *P. occidentalis*, por la falta de un buen desarrollo del engrosamiento,
3. No se ha encontrado literatura sobre el desarrollo fitogenético de las punteaduras en las paredes radiales de las células del parénquima en los radios, pero sí se considera como criterio de la evolución entre las especies, tan relacionadas, la cantidad y forma de las punteaduras (la definición de WAGENFUHR, 1965) agrupadas sobre la pared radial del parénquima de los radios, en el xilema; y se consideran los grupos de punteaduras bien definidas y separadas de forma pinoide, como las más antiguas, y las punteaduras solas del tipo ventana como las más recientes, se podría llegar a establecer una graduación morfológica en cuanto al origen de estas especies, situándolas en el siguiente orden:

Pinus tropicalis como especie más antigua. Tiene punteaduras pinoideas bien distribuidas, y forma, en general, grupos de aproximadamente cuatro. *Pinus caribaea* como un poco menos antigua. Presenta, en su mayor parte, punteaduras en grupos de 2 y hasta 4, pero más centralizadas dentro del grupo, también con forma pinoide, **muy** pocas veces hay también punteaduras fenestriiformes.

Pinus cubensis posiblemente de la misma antigüedad que la anterior, pero presenta, en su mayor parte, punteaduras en grupos de 2 a 3 y ofrece, **en** conjunto, la forma de una almendra. La forma de las punteaduras es también pinoide, con algunas fenestriiformes.

Pinus occidentalis como la especie más reciente. Presenta, en su mayor parte, punteaduras fenestriiformes solas; algunas veces también punteaduras en forma de ventana legítima.

Se ha llegado a esta interpretación al seguir los criterios mencionados por WAGENFUHR (1965) para el desarrollo fitogenético de las perforaciones en vasos de latifolias. La conclusión es que la estrecha relación entre las 4 especies de pinos cubanos está sustentada por la literatura. BERRY (1934) mencionó que en la zona intermedia entre las dos áreas de pinos, en Las Villas, cerca de Ciego Montero, se encontraron conos fósiles de pino; de una época geológicamente reciente, que según las informaciones del autor son probablemente de *Pinus caribaea*.

No fue posible examinar el material de xilema de esta especie. No se conoce aun cuando tuvo lugar la separación definida de las dos áreas actuales de pinos, con las dos especies, independientemente, en cada una de ellas.

BIBLIOGRAFIA

- BARRETT W. H. G. y GOLFARI L.
1962. "Descripción de dos nuevas variedades del Pino del Caribe" (*Pinus caribaea* Morelet). Caribbean Forester, Vol. 23, No. 2, pp. 59-71.
- BERRY W.
1934. "Pleistocene palnts from Cuba". Bull of the Torrey, Bot. C 161. upp b 237-240.
- COROTHIE N.
1963. "Glosario Internacional de terminos utilizados en Anatomía de la Madera". Intern. Ass. of Wood Anatomists. Publicado por la Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.
- ESAU K.
1965. "Plant Anatomy". Second Edition. Jolm Wiley & Sons, Inc. New York, London, Sydney.
- GREGUSS P.
1955. "Identification of Living Gymnosperms on the basis of Xylotomy". Akademiai Kiado, Budapest.
- HERMANO ALAIN
(E. E. LIOGIER)*
1964. "Flora de Cuba". Tomo V. Asoc. de Estudiantes de Ciencias Biológicas, Publ. L a Habana.
- HERMANO LEON
(J. S. SAUGET Y BARBIER)
1964. "Flora de Cuba", Vol. 1, Gimnospermas-Monocotiledóneas. Contribución Ocasional No. 8, Cultural S. A., La Habana.
- MATOS GONZALEZ E.
1963. "Las coníferas en Cuba". Folleto de Divulgación del Dpto. Forestal y Frutal Alvaro Barba Machado, INRA, La Habana,
- MIROV N. T.
1967. "The Genus Pinus". The Ronald Press Company, New York.
- WAGENFUHR R.
1966. "Anatomie des Holzes". VEB, Fachbuchverlag, Leipzig.