



Anatomía de acículas de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari en cuatro biótopos de Pinar del Río

Needle anatomy of *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari in four biotops in Pinar del Río

Raúl Rafael Rodríguez Mesa, Liutmila Pérez del Valle

¹Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Cuba. ORCID:
Correo electrónico:

Recibido: 02 de diciembre 2019

Aprobado: 02 de mayo de 2020

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar la anatomía de acículas de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en cuatro localidades, se realizaron cortes transversales en la base de la acícula. Se analizaron 13 variables anatómicas en 30 individuos por localidad. La especie tiene una estructura equifacial con tres canales resiníferos y gran desarrollo del parénquima clorofílico. El análisis discriminante permitió diferenciar cada una de las localidades en relación edátopo donde se desarrollan. En la especie las variables que más discriminaron fueron parénquima de transfusión, el diámetro del canal de la derecha y el grosor de la epidermis.

Palabras clave: *Pinus caribaea*; anatomía de acículas; variación.

Pinus caribaea var. *caribaea* needles in four locations, cross sections were made at the base of the needle. 13 anatomical variables were analysed from 30 individuals by locality. The species has an equifacial structure with three resin channels and great development of the chlorophyll parenchyma. The discriminant analysis allowed differentiating each localities in relation to the edatope where it are developed. In the species, the variables that discriminated the most were the transfusion parenchyma, the diameter of the right channel and the thickness of the epidermis.

Key words: *Pinus caribaea*; needle anatomy; variation.

ABSTRACT

In order to characterize the anatomy of

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la distribución natural de los pinos se extiende desde las regiones árticas y subárticas de Norte América y Eurasia al sur de las regiones subtropicales y tropicales de América Central y Asia (Mirov 1967; Price *et al.*, 1998; Farjon y Filder, 2013). Existe una probabilidad de que se hallan originado en el hemisferio norte, en el este de Asia o el Oeste de Norteamérica hace alrededor 155 millones de años (Rothwell *et al.*, 2012; Gernandt *et al.*, 2008).

En la isla de Cuba se desarrollan cuatro especies endémicas de pino: *Pinus tropicalis* Morelet, *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari, *Pinus cubensis* Griseb y *Pinus maestrensis* Bisse, de ellas dos en la zona occidental y las dos últimas en la oriental. Estas especies son de suma importancia, económica y ecológica, pues ocupan grandes extensiones de tierra en el archipiélago y por tanto en los bosques de pinos cubanos se puede encontrar una gran cantidad de recursos madereros y no madereros y una gran variedad de especies animales y vegetales. Las provincias de Pinar del Río e Isla de la Juventud cuentan con grandes extensiones de pinares.

Pinus caribaea var *caribaea*, se distribuye geográficamente en la provincia de Pinar del Río e Isla de la Juventud. En gran parte este se asocia simpátricamente con el *Pinus tropicalis* Morelet o en rodales puros solamente en la meseta de Cajalbana. Desde el punto de vista evolutivo es una especie joven y que reporta un comportamiento invasor

(Rebolledo Camacho *et al.*, 2018; Gallien *et al.*, 2015).

El área geográfica donde estas especies aparecen, es normalmente una fracción del área que potencialmente podrían ocupar. La reducción o dilatación del área de distribución actual respecto al área de distribución potencial se debe a un complejo conjunto de causas histórico demográficas como antropogénicas. Entre las primeras figuran factores abióticos (topográficos, geológicos y climáticos), como bióticos (competencia interespecífica, capacidad de dispersión).

En un estudio previo por Piloto-Casado (2017) se detectó variaciones en la anatomía de la acícula especie, pero con insuficientes el número de muestras por localidad para someterlas a comparación y caracterizar la anatomía de las acículas en otros ecótopos. Por esto resulta interesante y es el objetivo del estudio caracterizar la anatomía de la especie en los ecótopos donde se desarrollan simpátricamente con *P. tropicalis* y en un rodal natural puro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la descripción de la variación anatómica de las dos especies se colectaron 30 muestras de acículas de *Pinus caribaea* cuatro localidades diferentes (Tabla 1), en tres de ellas se desarrollan simpátricamente Valle Ancón, Sabanalamar y Cayo Ratones, y Boca del Abra en un rodal puro.

Tabla 1- Georeferenciación de las áreas de colectas

Localidades	Coordenadas	
	latitud	longitud
Cayo Ratones	22° 21' 0,6"	83° 55' 37,57"
Sabanalamar	22° 08' 12"	83° 58' 34,99"
Valle Ancón	22° 39' 57,76"	83° 45' 32,17"
Boca del Abra	22° 39' 56,8"	83° 45' 33,37"

Se realizaron cortes transversales a las acículas elegidas al azar de cada individuo, para comprobar la continuidad de los canales y de las hileras de estomas, observando esto en el microscopio óptico NLCD-307B, y se midieron las siguientes variables anatómicas para someterlas a comparación: número de canales (NC), número de estomas (NE), número de células de la hipodermis (Nohp), estas se miden por conteo, grosor de cutícula (GC), grosor de epidermis (GE), grosor de hipodermis (GH), parénquima clorofílico (PC), parénquima de transfusión (PT), distancia del canal izquierdo (DC12), distancia del canal derecho (DC13), ancho del canal izquierdo (AC12), ancho del canal derecho (AC13), ancho del tejido de conducción (ATC), largo del tejido de conducción (LTC), estas mediciones se dan en micras.

Análisis biométrico

En la obtención de los resultados se tuvieron en cuenta un factor (especie) y varios niveles (localidades). Para detectar las diferencias entre localidades dentro de una especie se realizó un test de Kruskal Wallis para k muestras

independientes, adicionalmente se realizó una prueba de U de Mann Whitney para detectar las diferencias significativas entre estas para $P < 0,05$.

Se realizaron un análisis de clasificación de tipo discriminante para maximizar las diferencias entre las localidades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción entre localidades de las variables anatómicas en *Pinus caribaea*

La anatomía de la acícula en *Pinus caribaea var caribaea*, semeja un abanico (Figura 1), con un promedio de 3 canales resiníferos continuos a lo largo de la acícula y la hilera de estomas promedia 17 por acícula (Tabla 2). Esta anatomía es congruente con la descrita por Dörken y Stützel (2012) para pinos que habitan ambientes estresados, los cuales desarrollan una cutícula prominente, gruesa y una hipodermis desarrollada por varias bandas de células gruesas de forma circular.

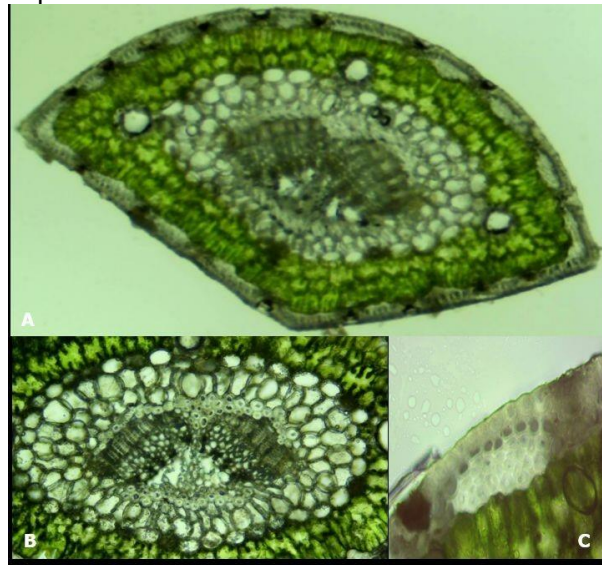


Fig. 1- Corte transversal de la acícula de *Pinus caribaea*. A- Estructura equifacial. B- Estructura del parénquima de transfusión, haces vasculares y fragmentos del parénquima clorofílico. C- Estructura de hileras celulares de epidermis e hipodermis con fragmento de parénquima clorofílico.

El grosor de la cutícula tiene un valor de 0,019 micras el cual no tuvo mucha variación; epidermis uniestratificada, o sea con una sola banda de célula con un promedio de 0,122 micras, este valor se mantuvo sin mucha variación, seguido de este tejido se encuentra la hipodermis formando una cadena de células no uniformes con un promedio de 0,428 micras, después está formado por el parénquima clorofílico con su color verde característico y este se encuentra obstruido por los canales resiníferos, mas al centro se encuentra el parénquima de transfusión el cual es muy amplio y en el centro de la acícula se localiza el tejido de conducción (xilema y floema) formado por haces vasculares que permiten el transporte de sustancias. El ancho de los canales se asemejan bastante con un promedio de 0,852 y 0,838 micras respectivamente lo cual no es igual para el diámetro de estos puesto que varían un poco más con valores promedios de 2,479 y 2,119 micras.

Existen diferencias significativas entre las localidades en algunas variables anatómicas (Tabla 2). Por ejemplo, se observa que el parénquima clorofílico y el

grosor de la cutícula en Cayo Ratones es mayor, respuestas foliares como estas confieren resistencia a las hojas contra la pérdida de agua en situación de sequía (Buckley, 2005) lo que pudiera estar relacionado con un aumento de la actividad fotosintética y con la necesidad de retener mayor cantidad de agua, lo que justifica que el grosor de la cutícula sea alto.

En cambio, en Valle Ancón existe mayor disponibilidad de agua por lo que presenta el menor grosor de cutícula. También existen variables las cuales no presentan diferencias significativas como lo son el número de estomas, el número de canales, el grosor de hipodermis, el ancho del canal de la izquierda y el ancho del tejido de conducción.

Evidentemente, cada sustrato donde se desarrolla la especie impone restricción en la disponibilidad de agua asociado a la propia naturaleza de la roca madre y del proceso que origino el suelo. Esta pudiera ser además una de las razones para estas diferencias ya que las arenas blancas son suelos con menor capacidad de retención de agua.

Tabla 2- Promedio de las variables anatómicas en cuatro localidades de Pinar del Río para la especie *Pinus caribaea*.

	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>								Total $\mu \pm \sigma$
	Boca del Abra		Cayo Ratones		Sabanalamar		Valle Ancón		
	$\mu \pm \sigma$	M	$\mu \pm \sigma$	M	$\mu \pm \sigma$	M	$\mu \pm \sigma$	M	
Número de estomas	17 ± 2		17 ± 2		16 ± 3		18 ± 3		17,310 ± 2,738
Número de canales	3	3	3	2	3	3	3	3	3,190 ± 1,004
Grosor de cutícula	0,020 ± 0,008 ^b		0,021 ± 0,003 ^b		0,021 ± 0,005 ^b		0,015 ± 0,005 ^a		0,019 ± 0,005
Grosor epidermis	0,133 ± 0,030 ^b		0,125 ± 0,022 ^b		0,107 ± 0,014 ^a		0,133 ± 0,017 ^b		0,122 ± 0,021
Grosor hipodermis	0,389 ± 0,117		0,425 ± 0,098		0,406 ± 0,070		0,454 ± 0,118		0,428 ± 0,098
Número de células de hipodermis		2 ^a		2 ^a		3 ^b		3 ^b	2,733 ± 0,536
Parénquima clorofílico	0,963 ± 0,187 ^a		1,377 ± 0,265 ^c		1,150 ± 0,108 ^b		1,160 ± 0,205 ^b		1,229 ± 0,227
Parénquima de transfusión	2,100 ± 0,487 ^b		1,067 ± 0,212 ^a		1,242 ± 0,129 ^a		2,372 ± 0,327 ^c		1,560 ± 0,627
Diámetro canal izquierda	2,115 ± 0,424 ^a		2,453 ± 0,286 ^b		2,531 ± 0,268 ^b		2,452 ± 0,391 ^b		2,479 ± 0,318
Diámetro canal derecha	1,326 ± 0,213 ^a		2,420 ± 0,232 ^b		2,488 ± 0,232 ^b		1,448 ± 0,226 ^a		2,119 ± 0,529
Ancho del canal izquierda	0,737 ± 0,178		0,881 ± 0,412		0,745 ± 0,171		0,929 ± 0,318		0,852 ± 0,322
Ancho del canal derecha	0,691 ± 0,176 ^a		0,879 ± 0,189 ^b		0,689 ± 0,121 ^a		0,945 ± 0,230 ^b		0,838 ± 0,213
Ancho tejido de conducción	2,974 ± 0,548		3,134 ± 0,487		3,209 ± 0,325		3,284 ± 0,619		3,209 ± 0,490
Largo tejido de conducción	4,323 ± 0,877 ^a		4,749 ± 0,699 ^a		5,003 ± 0,555 ^b		5,030 ± 1,284 ^b		4,927 ± 0,902

Letras desiguales indican diferencias significativas para $P < 0,05$.

Como se aprecia en la Tabla 2, para una misma especie, pero en diferentes ecótopos existen diferencias en la anatomía de las acículas lo cual está estrechamente relacionado con la fisiología de la planta y esto pudiese estar asociado a las condiciones edafoclimáticas de cada localidad. Existen diferencias entre variables anatómicas en localidades de Cayo Ratones y Sabanalamar, pero no son tan notables como en el resto de las localidades lo que puede estar relacionado con la textura edáfica de cada una, arenas blancas derivadas de pizarras.

Las variables ambientales de una localidad a otra permiten establecer una diferenciación marcada en cuanto a la geografía del lugar y las características morfológicas y anatómicas de las especies que las conforman (Pérez del Valle *et al.*, 2019; Reyes *et al.*, 2005). Sin embargo, no existen reportes a una escala espacial tan pequeña como en la

que se desarrolla esta especie y si para otras con una amplia distribución geográfica continental (Kivimaenpaa, 2017; Kobolkuti *et al.*, 2017; Jankowski *et al.*, 2017).

Diferenciación entre localidades dentro de *Pinus caribaea*

Las primeras dos funciones explican el 95,5% de la varianza (Tabla 3). La primera explica el 88,7% con una correlación de 0,968, mientras que la segunda acumula 95,5%. La primera función se refiere al parénquima de transfusión y al diámetro del canal de la derecha, esto está determinado por las condiciones del sitio, donde es necesario almacenar gran cantidad de agua y materiales de reserva, al igual que la segunda, se refiere al grosor de la epidermis, que se relaciona con la retención de agua. De manera general, las variables relacionadas con la economía del agua son importantes para establecer diferencias entre localidades.

Tabla 3- Autovalores de las funciones discriminantes en *Pinus caribaea*.

Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica	Lambda de Wilks	Sig.
1	14,907a	88,7	88,7	0,968	0,017	0
2	1,146a	6,8	95,5	0,731	0,266	0
3	0,749a	4,5	100	0,654	0,572	0

La Figura 2, representa la posición de los centroides y los casos de cada una de las localidades en relación con las dos primeras funciones. El mapa combinado muestra como Valle Ancón sus casos se dispersan por toda el área, estos resultados no son sorprendentes si se conoce el sustrato donde se desarrolla la especie, suelos derivados de pizarras, mostrando semejanzas con varias localidades.

Resulta interesante apreciar que hay localidades con centroides muy unidos, Boca del Abra y Valle Ancón, lo cual pudiera indicar que sean una unidad

anatómica con gran solapamiento de sus casos. Se observaron semejanzas significativas entre las localidades Cayo Ratones y Sabanalamar, distribuidos mayormente hacia el eje positivo y entre Valle Ancón y Cayo Ratones, esto pudiera estar dado por las condiciones edáficas o climáticas que poseen estos sitios.

Estos resultados pudieran indicar que los cambios anatómicos en acículas de *Pinus caribaea var caribaea* no son reflejo de ajustes fisiológicos de la planta sino posibles respuestas adaptativas durante la historia evolutiva de esta especie.

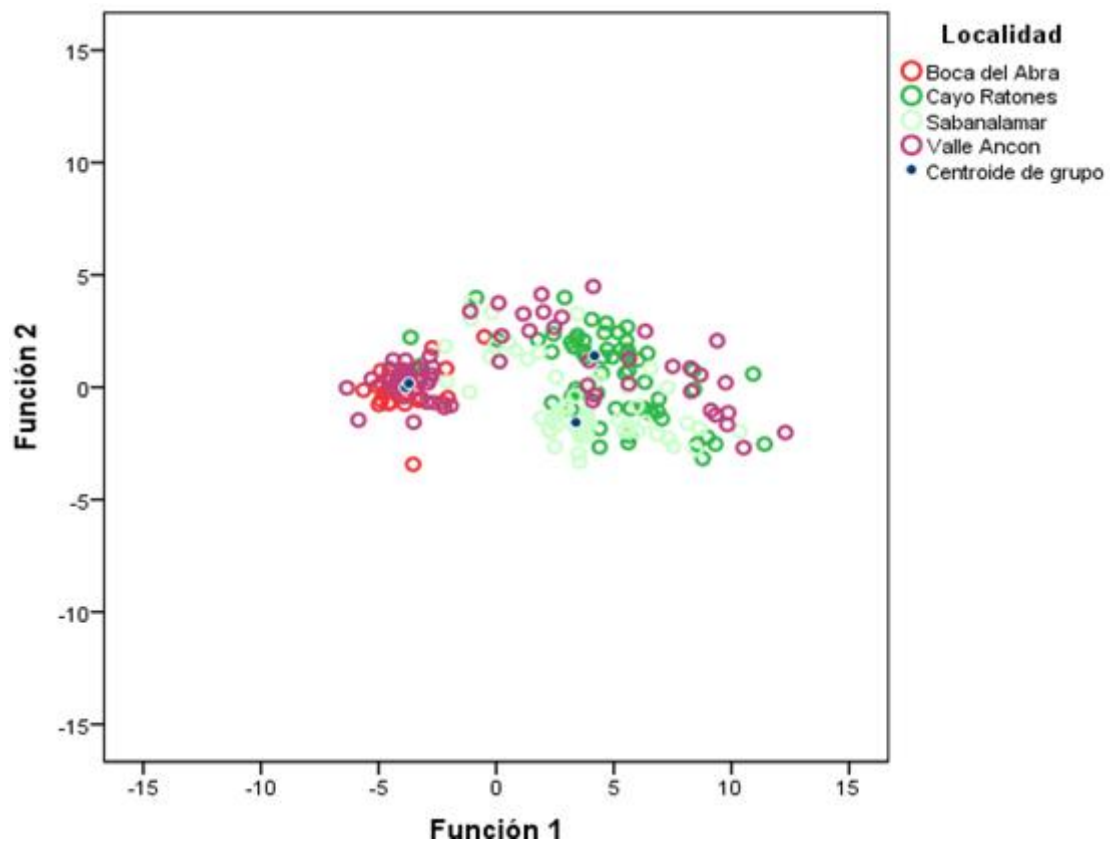


Fig. 2- Distribución de las localidades en función de las dos primeras funciones.

Adicionalmente este análisis de discriminante permitió clasificar correctamente el 86,7% de casos agrupados originalmente, en cada una de las localidades (Tabla 4). Esto demuestra

que las variables anatómicas analizadas se relacionan con las características edafoclimáticas del ecótopo donde se desarrollan la especie.

Tabla 4- Resultados de clasificación.

Localidad_r		Pertenencia a grupos pronosticada				
		Boca del Abra	Cayo Ratones	Sabanalamar	Valle Ancon	
Casos seleccionados	%	Boca del Abra	93,3	0,0	0,0	6,7
		Cayo Ratones	0,0	80,0	20,0	0,0
		Sabanalamar	0,0	6,7	93,3	0,0
		Valle Ancon	20,0	0,0	0,0	80,0

a. 86,7% de casos agrupados originales seleccionados clasificados correctamente.

CONCLUSIONES

En la especie *Pinus caribaea* existe una variación en la anatómica entre las localidades.

Las variables que más discriminaron son el parénquima de transfusión, el diámetro del canal de la derecha y el grosor de la epidermis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrett, W. H. G y Golfari, L. (1962). Descripción de dos nuevas variedades del pino de Caribe. *Caribbean Forestry*, 23,59-71.
- Buckley, T. N. (2005). The control of stomata by water balance. *New Phytologist*, 168, 275-292.
- Dörken, V.M.; Stützel, T. (2012). Morphology, anatomy and vasculature of leaves in *Pinus* (Pinaceae) and its evolutionary meaning. *Flora*, 207,57-62.
- Farjon, A.; Filer, D. (2013). An atlas of the world's conifers: An analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status. Brill, Leiden, Netherlands
- Gallien, L.; Saladin, B.; Boucher, F. C.; Richardson, D. M.; Zimmermann, N. E. (2015). Does the legacy of historical biogeography shape current invasiveness in pines? *New Phytologist*, DOI: 10.1111/nph.13700
- Gernandt, D.; Magallón, S.; Geada-López, G.; Zenón-Flores, O.; Willyard, A. S. y Liston, A. (2008). Use of simultaneous analyses to guide fossil-based calibrations of Pinaceae phylogeny. *International Journal of Plant Science*, 169,1086-1099.
- Jankowski, A.; Wika, T.P.; Ýtkowiak, R.; Nihlgård, B.; Reich, P.B.; Oleksyn, J. (2017). Cold adaptation drives variability in needle structure and anatomy in *Pinus sylvestris* L. along a 1,900 km temperate-boreal transect. *Functional Ecology*, DOI: 10.1111/1365-2435.12946.
- Kivimaenpaa. (2017). Warning and elevated ozone differently modify needle anatomy of Norway spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*).
- Köbölkuti, Z.A.; Tóth, G.E.; Ladányi, M.; Höhn, M. (2017). Morphological and anatomical differentiation in peripheral *Pinus sylvestris* L. populations from the Carpathian region, *DENDROBIOLOGY*, 77,105-117.
- Pérez-del Valle, L.; Geada-López, G.; Sotolongo-Sospedra, R. (2019). Diferencias anatómicas en acículas de *Pinus tropicalis* Morelet en edátopos extremos de pizarras y arenas blancas en Pinar del Río. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(2): 225-239.
- Piloto-Casado, J. A.; Armas-Armas, I.; Geada-López, G. (2017). Variación anatómica de acículas de *Pinus caribaea* var. *caribaea* Barrett y Golfari en seis localidades de Pinar del Río. *Revista Científico Estudiantil de Ciencias Forestales y Ambientales*, 2(2), 82-92.
- Price, R. A.; Liston, A. y Strauss, S. H. (1998). Phylogeny and systematics of *Pinus*. In: Richardson, D. M. (Ed) *Ecology and biogeography of Pinus*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 49-68.

Rebolledo-Camacho, V.; Jardón-Barbolla, L.; Ramírez-Morillo, I.; Vázquez-Lobo, A.; Piñero-Dalmau, D.; Delgado, P. (2018). Genetic variation and dispersal patterns in three varieties of *Pinus caribaea* (Pinaceae) in the Caribbean Basin. *Plant Ecology and Evolution*, 151(1): 6176. <https://doi.org/10.5091/plecevo.2018.1343>

Reyes-Hernández, V.J.; Vargas-Hernández, J.J.; Lopez-Upton,

J.; Vaquera-Huerta, H. (2005). Variaciones morfológicas y anatómicas en poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga* (Pinaceae). *Acta Botánica Mexicana*, 70:47-67.

Rothwell, G. W., G. Mapes, R. A. Stockey, Hilton, J. (2012). The seed cone Eathiestrobusgen. nov.: Fossil evidence for a Jurassic origin of Pinaceae. *American Journal of Botany*, 99, 708720.

Copyright (c) Raúl Rafael Rodríguez Mesa, Liutmila Pérez del Valle



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional