

Este artículo puede ser usado únicamente para uso personal o académico. Cualquier otro uso requiere permiso del autor y de la Asociación Interciencia.

El siguiente artículo fue publicado en *Interciencia*, 34(5), 344-349, y lo puede consultar en <https://www.interciencia.net/>

RELACIÓN ENTRE ATRIBUTOS ECOFISIOLÓGICOS DE LA ESPECIE VULNERABLE *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Y CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE OCHO LOCALIDADES EN PINAR DEL RÍO, CUBA

Yudel García-Quintana, Joel Flores, Gretel Geada-López, Antonio Escarré-Estévez,
Iris Castillo-Martínez y Maribel Medina Malagón

RESUMEN

Pinus caribaea Morelet var. *caribaea* Barret & Golfari es una especie vulnerable, debido a la fragmentación de su hábitat y a su extracción. En Pinar del Río, Cuba, las poblaciones naturales de esta especie se encuentran localizadas en distintos tipos de suelo y diferentes condiciones climáticas. Se realizó un estudio en ocho poblaciones (Cajálbana, Marbajita, La Güira, La Jagua, Galalón, Viñales, Pinar del Río y Sabanalamar) con el fin de caracterizar atributos ecofisiológicos y relacionarlos con características de clima y suelo. Para cada población se evaluó el potencial hídrico y la transpiración y 17 características físico-químicas del suelo. Además, se evaluó la tasa de

fotosíntesis en una localidad. Los resultados indican que *Pinus caribaea* var. *caribaea* se desarrolla en una gran diversidad de ambientes. Se detectó un mejor control estomático a las 16:00 hs. Se clasificaron las localidades de acuerdo a su capacidad para el desarrollo de esta especie. En la localidad menos adecuada, con suelos arenosos, escasos nutrientes y baja capacidad de almacenamiento de agua se presentó mayor estrés hídrico y menor transpiración. Estos resultados podrían tomarse en cuenta para realizar planes de manejo de esta especie y ayudar así a su conservación.

Introducción

Pinus caribaea es una especie tropical que se distribuye en el litoral atlántico del istmo centroamericano, estando presente en Nicaragua, Honduras, Belice, Guatemala, Islas Bahamas y Cuba, pero también ha sido introducida en todos los trópicos, en plantaciones forestales (Márquez-Montesino *et al.*, 2001; Shibayama *et al.*, 2006). Esta especie está compuesta por tres variedades: *caribaea*, *bahamensis* y *hondurensis* (Anoruo, 1993). La variedad *caribaea* es un taxón de distribución restringida al occidente de Cuba, en la Isla de la Juven-

tud y en la provincia de Pinar del Río. El área de dispersión de la variedad está comprendida entre los 21°40' N (Isla de la Juventud) y 22°50' N (Pinar del Río) y entre los 82°56' y 84°20' O. Sin embargo, se le ha incluido en los planes de reforestación a lo largo de casi toda Cuba.

Pinus caribaea Morelet var. *caribaea* Barret & Golfari se encuentra categorizada como vulnerable debido a que su área de ocupación estimada es <2000km² y sus poblaciones se encuentran muy fragmentadas (Berazaín-Iturralde *et al.*, 2005), además de poseer un alto potencial energético (Márquez-Montesino *et al.*, 2001), siendo colectada para

usos médicos y rituales tradicionales (Cano y Volpato, 2004; Melander, 2007).

En la Isla de la Juventud y en gran parte de la provincia de Pinar del Río, *P. caribaea* está mezclada con *Pinus tropicalis* Morelet, con pequeños cayos en forma de rodales puros (De las Heras *et al.*, 2006). Existen masas homogéneas en Cajálbana, El Valdés, Mameyal, Los Palacios, La Güira, Cayajabos (Betancourt, 1987), aunque actualmente solo se pueden encontrar rodales puros y en ocasiones muy deteriorados, incluso con relictos de vegetación, en Cajálbana, Marbajita, La Güira y Pinar del Río (García-Quintana, 2007). Se considera que

P. caribaea es más restringida en su tolerancia a variación ambiental (García-Quintana, 2006), desarrollándose mejor en los suelos ferríticos latosoles típicos de la localidad de Cajálbana (Samek y Del Risco, 1989; Marrero *et al.*, 1998). Se ha sugerido que las características del suelo influyen en el estado hídrico de las comunidades vegetales (Sperry y Hacke, 2002); por lo tanto, es probable que haya diferencias en las características ecofisiológicas entre las poblaciones de *P. caribaea* Morelet var. *caribaea* por efecto de las características del suelo. Con el fin de determinarlo se llevó a cabo un estudio en ocho poblaciones dentro

PALABRAS CLAVE / Características del Suelo / Ecofisiología / Especie Vulnerable / Intercambio Gaseoso / *Pinus caribaea* / Potencial Hídrico / Transpiración /

Recibido: 28/07/2008. Modificado: 30/04/2009. Aceptado: 04/05/2009.

Yudel García-Quintana. Doctor en Ciencias Ecológicas, Universidad de Alicante (UA), España. Profesor, Vicedecano de Universalización Facultad de Forestal y Agronomía, Universidad Pinar del Río (UPR). Cuba. e-mail: ygarcia@af.upr.edu.cu

Joel Flores. Doctor en Ciencias, Instituto de Ecología, AC, Veracruz, México. Investigador, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. Dirección: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. Camino a la Presa San José 2055, Col. Lo-

mas 4 sección CP 78216. Apartado Postal 3-74 Tangamanga, San Luis Potosí, S.L.P., México. e-mail: joel@ipicyt.edu.mx

Gretel Geada-López. Doctora en Biología, Universidad de Ehime, Japón. Profesora, UPR, Cuba.

Antonio Escarré-Estévez. Doctor en Ciencias Biológicas, UA, España. Profesor, UA, España.

Iris Castillo-Martínez. Doctora en Ciencias Ecológicas. Profesor. UPR, Cuba.

Maribel Medina Malagón. Master en Ciencias Forestales, UPR, Cuba. Profesora, UPR, Cuba.

RELATIONSHIP BETWEEN ECOPHYSIOLOGICAL ATTRIBUTES OF THE VULNERABLE SPECIES *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* AND ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS OF EIGHT LOCALITIES IN PINAR DEL RÍO, CUBA

Yudel García-Quintana, Joel Flores, Gretel Geada-López, Antonio Escarré-Estévez, Iris Castillo-Martínez and Maribel Medina Malagón

SUMMARY

Pinus caribaea Morelet var. *caribaea* Barret & Golfari is a vulnerable species due to extraction and habitat fragmentation. In Pinar del Río, Cuba, natural populations occur in different soil types and climatic conditions. A study of eight populations (Cajálbana, Marbajita, La Güira, La Jagua, Galalón, Viñales, Pinar del Río and Sabanalamar) was conducted to characterize ecophysiology traits in relation with climate and soil. For each population, water potential and transpiration, as well as 17 soil variables were measured. Photosynthesis rate was also evaluated

in one locality. Results showed that *Pinus caribaea* var. *caribaea* grows in a broad spectrum of environments. A better stomatal control was detected at 16:00 hs. Localities were classified according to their suitability for the growth of the species. In the least adequate locality, with sandy soils, low nutrients and water availability more water stress and less transpiration was detected. These results could be considered in management plans for this species, and thus help its conservation.

RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS ECOFISIOLÓGICOS DA ESPÉCIE VULNERÁVEL *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* E CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DE OITO LOCALIDADES EM PINAR DEL RÍO, CUBA

Yudel García-Quintana, Joel Flores, Gretel Geada-López, Antonio Escarré-Estévez, Iris Castillo-Martínez e Maribel Medina Malagón

RESUMO

Pinus caribaea Morelet var. *caribaea* Barret & Golfari é uma espécie vulnerável, devido à fragmentação de seu hábitat e à sua extração. Em Pinar del Río, Cuba, as populações naturais desta espécie se encontram localizadas em distintos tipos de solo e diferentes condições climáticas. Realizou-se um estudo em oito populações (Cajálbana, Marbajita, La Güira, La Jagua, Galalón, Viñales, Pinar del Río e Sabanalamar) com o fim de caracterizar atributos ecofisiológicos e relacioná-los com características de clima e solo. Para cada população foram avaliados o potencial hídrico, a transpiração e 17 características físico-químicas do solo. Também foi avaliada a taxa de fotossíntese

em uma das localidades. Os resultados indicam que *Pinus caribaea* var. *caribaea* se desenvolve em uma grande diversidade de ambientes. Detectou-se um melhor controle estomático às 16:00 hs. Classificaram-se as localidades de acordo com sua capacidade para o desenvolvimento desta espécie. A localidade menos adequada, com solos arenosos, escassos nutrientes e baixa capacidade de armazenamento de água, apresentou maior estresse hídrico e menor transpiração. Estes resultados poderiam levar-se em consideração para realizar planos de manejo desta espécie e ajudar assim à sua conservação.

de áreas naturales de la especie para caracterizar atributos ecofisiológicos y relacionarlos con características físicas y químicas del suelo de cada una de las poblaciones, así como también con variables climáticas. En cada una de las poblaciones se evaluó el potencial hídrico al pre-amanecer y al mediodía, y la transpiración cuticular. Además, se evaluó la tasa de fotosíntesis y transpiración en una localidad. También se evaluaron 17 características físico-químicas del suelo y se recopilaron variables climáticas en cada una de las localidades.

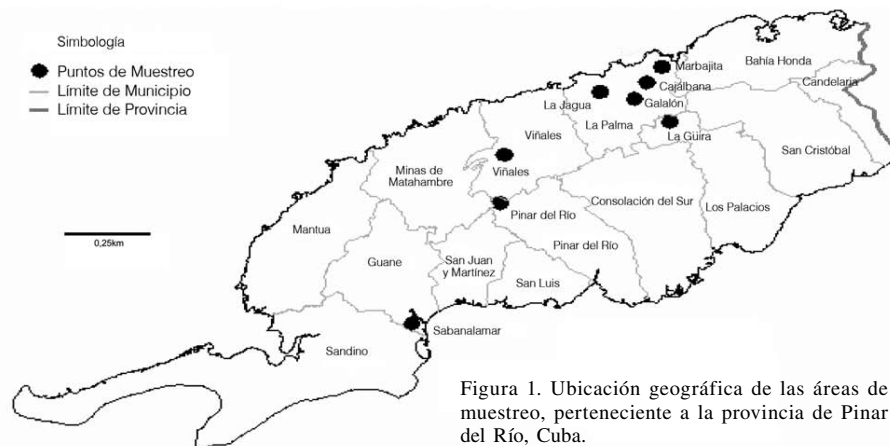


Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de muestreo, perteneciente a la provincia de Pinar del Río, Cuba.

sur de la provincia de Pinar del Río, la más occidental de Cuba (Figura 1). En la Tabla I se observan las coordenadas geográficas y la altitud de cada una de las localidades, así como la exposición y la pendiente.

Se tomó información sobre las variables precipitación y temperatura media anual en cada uno de los puntos de muestreo, a partir de los registros del Instituto Nacional de Recursos Hídricos de Pinar del Río, además de la superficie, estructura de la vegetación, densidad media y clases diamétricas de cada localidad, valores obtenidos de

Materiales y Métodos

Zona de estudio

Este trabajo se realizó en áreas naturales de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*,

evaluando un total de ocho poblaciones: Cajálbana, Marbajita, La Jagua, Galalón, Viñales, Sabanalamar, Pinar del Río y La Güira. Tales poblaciones se encuentran distribuidas en la parte norte, centro y

TABLA I
UBICACIÓN DE LAS OCHO LOCALIDADES DE ESTUDIO

Localidades	Coordenadas geográficas		Pendiente (°)	Exposición dominante	Altitud (msnm)
	Latitud (N)	Longitud (O)			
Cajálbana	22°41'	83°34'	N	464	15
Marbajita	22°34'	83°32'	N	150	10
La Jagua	20°40'	83°45'	N	110	5
Galalón	22°40'	83°30'	N	150	4
Viñales	20°40'	83°45'	N-W	200	6
Sabanalamar	22°05'	84°15'	S	38	0
Pinar del Río	22°20'	84°00'	N-W	196	6
La Güira	22°40'	83°37'	N-E	110	4

TABLA II
CARACTERÍSTICAS DE LAS OCHO LOCALIDADES DE ESTUDIO

Localidades	Superficie (ha)	Precipitación media anual (mm)	Temperatura media anual (°C)	Composición de la vegetación*	Estructura de edades (años)	Densidad media	Clases diamétricas (cm)
Cajálbana	400	1800	22,4	Pc	18-40	0,7	24
Marbajita	350	1800	22,3	Pc	18-30	0,7	21
La Jagua	10	1600	24,7	Pc	16-20	0,4	23
Galalón	12	1800	24,3	Pc, Pt	16-18	0,5	17
Viñales	15	1600	24,7	Pc, Pt	18-25	0,5	17
Sabanalamar	10	1200	24,0	Pc, Pt	20-30	0,4	15
Pinar del Río	12	1600	24,2	Pc	20-25	0,6	24
La Güira	2	1700	24,3	Pc	25-30	0,5	26

* Pc: *Pinus caribaea* var. *Caribaea*, Pt: *Pinus tropicalis*.

los proyectos de ordenación forestal (Tabla II).

Análisis del suelo

Se realizaron análisis físico-químicos del suelo, tomando al azar cuatro muestras de suelo de cada una de las ocho localidades, a una profundidad de 0-20cm, las cuales fueron consideradas como repeticiones individuales. La caracterización química se efectuó en el Laboratorio de Suelos del Ministerio de la Agricultura, Pinar del Río, evaluando pH, P₂O₅, K₂O, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, S, T y T-S. La caracterización física se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Pinar del Río, analizando la densidad aparente (da), la densidad real (dr), la humedad higroscópica (hy) y la porosidad total. Al final, todas las propiedades del suelo fueron evaluadas con la ayuda del manual de interpretación de índices físicos-químicos y morfológicos de los suelos cubanos (MINAGRI, 1984). También se determinó el índice de grosor (tamaño de las partículas del

suelo; IG) por la fórmula de Richards *et al.* (1986), citado por Ansorena (1994), la cual se expresa como

$$IG = \frac{\sum \text{partícula} \leq 1\text{mm} \times 100}{\text{Muestra}}$$

Además, se registró la variedad de suelo utilizando la última clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2002).

Potencial hídrico de las plantas

La evaluación del potencial hídrico (ψ) de las plantas se realizó al alba o pre-amanecer y al mediodía los días 22 y 23 de enero del 2006, con una Cámara de Scholander, en cada una de las localidades de estudio. Se utilizó el método descrito por Oliet (2001), tomando 10 árboles al azar por localidad y siete ramas por cada árbol. Los árboles fueron seleccionados teniendo en cuenta igualdad de condiciones en cuanto a características fenotípicas,

que fueran árboles sanos, vigorosos, de buen porte, de estructura homogénea y con una distancia mínima de separación entre ellos de 5 m.

Tasa de fotosíntesis y transpiración

La evaluación de la tasa de fotosíntesis y transpiración se realizó los días 22 y 23 de enero del 2006, en una parcela experimental ubicada

se hizo un seguimiento de la fotosíntesis y la transpiración (expresada en mmol·m⁻²·s⁻¹ de H₂O) a lo largo del día, registrando valores a las 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 y 16:00 horas.

Además, en cada localidad se evaluó la transpiración cuticular, una estimación indirecta de la transpiración que se expresa en gramos de peso fresco por hora (g/pf/hora). Tal evaluación se realizó el 23 de enero del 2006.

Análisis estadísticos

Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el sistema SPSS para Windows versión 12.0. Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre la precipitación media anual y la altitud de cada una de las localidades de estudio. Además, se realizó un análisis de varianza unifactorial tanto para cada una de las variables físico-químicas del suelo como para el potencial hídrico de las plantas, siendo el factor la localidad. Para determinar las diferencias entre localidades se realizó una prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan.

Se elaboró un dendrograma general a partir de conglomerados jerárquicos, incluyendo un total de 17 variables físico-químicas del suelo: pH, P₂O₅, K₂O, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, S, T, T-S, da, dr, porosidad total, IG, ψ_{alba} , $\psi_{\text{H mediodía}}$ y Tc, así como las variables fisiológicas transpiración cuticular y potencial hídrico de las plantas, utilizando el índice de afinidad de distancia euclidiana y el método de ligamiento de promedio entre grupos.

en el Jardín Botánico de Pinar del Río, en árboles plantados de 10 años de edad. Se seleccionaron tres árboles por localidad, teniendo en cuenta su condición sanitario, fenotipo, incidencia de la luz y cercanía entre ellos. De cada árbol se escogió una muestra de hojas, a la cual se le determinó la tasa de fotosíntesis y la transpiración, utilizando para ello un Irgaporómetro LI-6400.

En el primer día se realizaron medidas puntuales de radiación fotosintéticamente activa (PAR, por sus siglas en inglés) y fotosíntesis, expresados en $\mu\text{E}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de CO₂, respectivamente. Al día siguiente

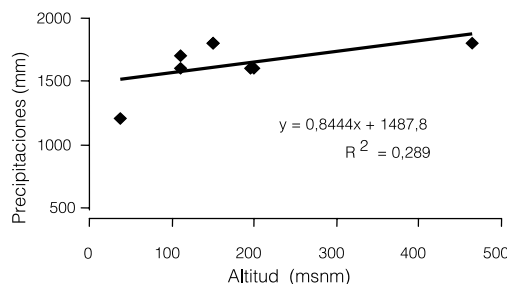


Figura 2. Correlación entre precipitación media anual y altitud la provincia de Pinar del Río, Cuba.

Resultados y Discusión

Se encontró una correlación positiva débil entre las variables altitud y precipitación (R=0,29; p=0,03; Figura 2), observándose que a medida que aumenta la altitud aumenta la precipitación. La localidad de menor altitud

es Sabanalamar y es la que posee menor precipitación, al contrario de Cajalbana, la cual se encuentra a mayor altitud y posee una precipitación mayor.

Se encontraron diferencias significativas en las propiedades químicas analizadas entre las localidades ($p < 0,05$; Tabla III). Los suelos más ácidos (pH promedio de 3,8) se encontraron en Viñales y Galalón, y los neutros (pH promedio de 6,5) en la localidad Sabanalamar. En general, presentan bajos contenidos de P, K y bases intercambiables, con excepción del Na, que en la población de Sabanalamar fue alto, lo cual puede estar provocado por la cercanía de esta zona al mar. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Marrero *et al.* (1998) y Mayedo (2006).

También se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$; Tabla IV) en la densidad aparente, la densidad real, la humedad higroscópica y la porosidad. Los suelos arcillosos mostraron valores bajos y los arenosos más altos. Sabanalamar fue la localidad con mayor densidad aparente, coincidiendo con el reporte de alta densidad aparente del suelo de esa zona, de Cairo y Fundora (2002).

El índice de grosor (IG) es un indicador importante para determinar la influencia del tamaño de las partículas en las propiedades físicas de los suelos. En este caso, se encontró una correlación lineal negativa entre el IG y la porosidad total ($R = 0,61$, $p = 0,02$; Figura 3), notándose que a medida que aumenta el IG disminuye la porosidad. Este resultado es debido a que lo que determina la porosidad en los suelos es la microporosidad (Ansorena, 1994) y el IG está determinado por la macroporosidad. Ansorena (1994) reporta valores de porosidad desde un 30% en suelos compactados hasta cifras del orden del 95%.

En la Figura 4 se muestra la marcha diurna

TABLA III
VALORES MEDIOS DE LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL SUELO POR LOCALIDADES

Localidad	pH KCl	mg/100g de suelo								
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	T	T-S
Viñales	3,8 a	3,48 h	7,0 h	1,15 b	0,38 c,d	0,12 b	0,19 d	1,84 c	8,79 e	6,95 g
Galalón	3,8 a	1,47 b	6,0 c	2,15 f	0,38 c,d	0,06 a	0,17 d	2,76 e	9,58 f	6,82 f
Pinar del Río	3,9 a,b	2,41 d	11,67 g	5,45 g	0,64 e	0,39 d	0,30 e	6,78 f	13,91 g	7,13 h
La Jagua	3,9 a,b	3,08 e	10,83 f	1,57 d	0,75 f	0,12 b	0,19 d	2,63 e	8,39 d	5,76 d
La Güira	4,0 c	3,35 g	8,0 e	1,15 b	0,35 c	0,12 b	0,17 d	1,79 b	6,01 c	4,22 c
Cajalbana	5,0 d	1,21 a	7,0 d	1,44 c	0,44 d	0,21 c	0,14 c	2,23 d	5,39 b	3,16 b
Marbajita	5,6 e	2,01 c	3,75 a	1,76 e	0,20 b	0,15 b	0,12 b	2,23 d	2,89 a	0,66 a
Sabalamar	6,5 f	3,27 f	5,45 b	1,02 a	0,18 a	0,7 e	0,09 a	1,07 a	5,39 b	6,21 e
Dev. estándar	0,98	0,85	2,5	1,39	0,19	0,20	6,07×10 ⁻²	1,68	3,12	2,17
Error estándar	0,17	0,15	0,45	0,24	3,37×10 ⁻²	3,62×10 ⁻²	1,07×10 ⁻²	0,30	0,55	0,38

Dentro de una misma columna, letras distintas muestran diferencias significativas entre localidades ($p < 0,05$).

na de la tasa de fotosíntesis. La mayor tasa de fotosíntesis se obtuvo de las 10:00 y 14:00,

con valores máximos de 6,03 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y una diferencia notable de 4,26 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de CO₂ entre los valores mayores y menores de fotosíntesis en el transcurso del día. Este comportamiento oscilante pudiera deberse a factores como la exposición del sol, las condiciones del ambiente y la arquitectura de las plantas, pues el movimiento del sol en esas horas del día permite que en determinados momentos la arquitectura de la planta

TABLA IV
VALORES PROMEDIO DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL SUELO POR LOCALIDADES

Localidades	D= g/cm ³		hy (%)	Porosidad total (%)	IG (%)	Variedad de suelo
	Da	Dr				
La Jagua	1,18 f	2,28 b	0,50 c	48,24 c	75,9 e	Loam arenoso
La Güira	1,25 g	2,33 c	0,32 b	53,65 b	67,8 c	Arcilloso
Marbajita	1,11 d	2,45 d	3,99 h	54,69 d	50,15 b	Arcilloso
Galalón	0,98 b	2,26 b	2,66 g	56,64 f	69,22 c	Loam arcilloso
Viñales	1,05 c	2,31 c	1,32 d	55,0 e	74,26 d	Loam arenoso
Pinar del Río	0,86 a	2,28 b	1,95 e	62,28 g	68,07 c	Arcilloso
Cajalbana	1,15 e	3,63 e	1,98 f	68,0 h	41,97 ^a	Arcilloso
Sabalamar	1,54 h	2,11 A	0,31 a	27,01 ^a	88,72 f	Arenoso
Dev. estándar	1,19	0,45	1,22	11,5	14,04	
Error estándar	3,41×10 ⁻²	8,12×10 ⁻²	0,21	2,04	2,5	

IG: índice de grosor, D: densidad aparente (a) o real (r). Dentro de una misma columna, letras distintas muestran diferencias significativas entre localidades ($p < 0,05$).

provoque cierto sombreo y disminuya la intensidad lumínica hacia el interior del rodal.

A las 16:00 se obtuvieron valores negativos, lo que quiere decir que a esta hora los mecanismos de respira-

ción de las plantas son mayores que la asimilación de CO₂, debido a un descenso en la fotosíntesis por la incidencia de la luz que provoca el cierre de estomas. En otras especies del género *Pinus* se han reportado

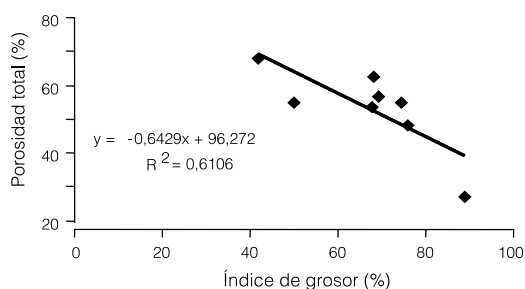


Figura 3. Correlación entre el índice de grosor y la porosidad total en ocho localidades de la provincia de Pinar del Río, Cuba.

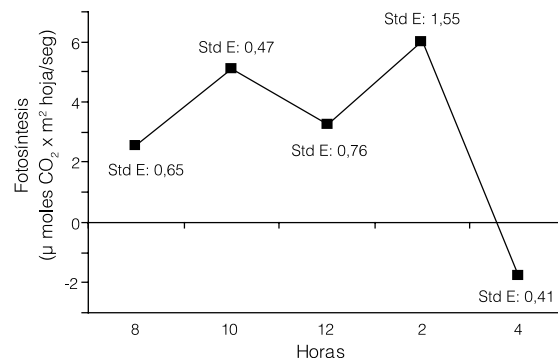


Figura 4. Marcha diurna de la tasa de fotosíntesis en *Pinus caribaea* var. *caribaea* en el Jardín Botánico de Pinar del Río.

valores distintos de fotosíntesis; por ejemplo, en *Pinus halepensis* Saquete y Lledó (2005) obtuvieron tasas de fotosíntesis del orden de $9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ en suelos de turba y $9,8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ en suelo.

La transpiración se define como la pérdida de agua mediante la evaporación a través de los estomas y las cutículas de las hojas (Lambers *et al.*, 1998). En la Figura 5 se muestra la marcha diaria de la tasa de transpiración, observándose un comportamiento creciente desde las primeras horas hasta decrecer en el último punto (16:00), debido a que a esta hora las plantas dejan de

asimilar CO_2 y manifiestan un mejor control estomático, corroborando lo planteado por Domínguez *et al.* (2001) para especies mediterráneas.

El potencial hídrico de las plantas es un indicador de su estado de estrés hídrico. En la Figura 6 se muestran diferencias significativas entre las medidas de potenciales hídricos al alba y al mediodía para cada una de las localidades. Como se esperaba, se obtuvieron valores máximos al pre-amanecer y los mínimos (más negativos) al mediodía, debido a que la salida del sol estimula la apertura de los estomas en las plantas, lo cual indica las pérdidas por transpiración y provoca el descenso del potencial, coincidiendo con lo planteado por Oliet (2001).

La localidad de Sabanalamar mostró el potencial

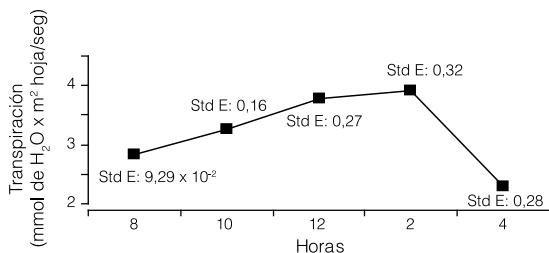


Figura 5. Marcha diaria de la tasa de transpiración en *Pinus caribaea* var. *caribaea* en el Jardín Botánico de Pinar del Río.

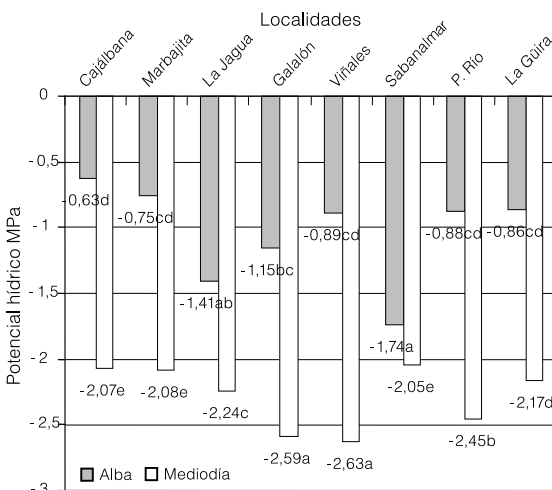


Figura 6. Potencial hídrico al pre-amanecer y al mediodía en ocho localidades de la provincia de Pinar del Río, Cuba. En las barras, letras desiguales muestran diferencias significativas. Al pre-amanecer: DE= 0,48; EE= $6,47 \times 10^{-2}$; $p < 0,05$. Al mediodía: DE= 2,23; EE= $3,07 \times 10^{-2}$; $p < 0,05$.

hídrico más negativo al pre-amanecer (-1,7MPa). Este resultado puede deberse a sus características edáficas, pues la localidad posee un suelo arenoso, el cual retiene menos el agua, que se pierde por gravedad (Cairo y Fundora, 2002), además de tener un alto contenido de Na, el cual ocasiona estrés osmótico en las plantas y, por consiguiente, estrés hídrico.

Al mediodía el potencial hídrico no es tan distinto (-2,05MPa) al del pre-amanecer. Esto coincide con León (2002), quien encontró que en esta zona se pierde poca agua al mediodía. Así, es probable que en este lugar las plantas tengan modificaciones fisiológicas o bioquímicas para

poderse adaptar a ese medio. Aun así, los valores de potencial hídrico de esta localidad indican estrés hídrico en la planta, según el criterio de Escarré-Estévez (1997) para evaluar estrés en plantas. León (2002) obtuvo valores más positivos de potencial hídrico en esta especie, fluctuando entre -0,47 y -0,96MPa al alba y entre -1,3 y -1,45MPa al mediodía,

mente distinta ($p < 0,05$) entre localidades, siendo más alta en Cajálbana y Marbajita (Figura 7), quizá debido a una mayor retención de agua en el suelo que permite mayor transpiración. Los menores valores pertenecen a las localidades de Sabanalamar, La Jagua y Viñales, las zonas de menor capacidad de retención hídrica por el tipo de suelo arenoso que poseen. No se encontraron antecedentes de transpiración cuticular en distintas

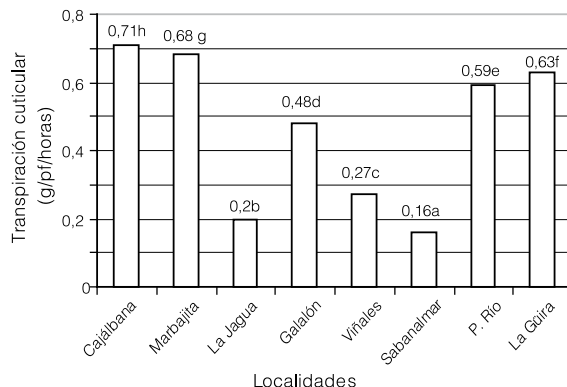


Figura 7. Transpiración cuticular (g/pl/horas) en ocho localidades de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Letras distintas implican diferencias significativas entre localidades. DE= 0,21; EE= $2,83 \times 10^{-2}$; $p < 0,05$.

pero su determinación fue realizada al final de la época de lluvias, diferente a la época del presente estudio. Oliet (2001), por su parte, informa valores de potencial hídrico en la madrugada a lo largo de un ciclo de sequía en brinzales de *Pinus halepensis*, del orden de -0,3 hasta -2,5MPa.

La transpiración cuticular también fue significativa-

localidades, pero sí entre especies. Por ejemplo, Villar *et al.* (1997) encontraron diferencias significativas en la transpiración cuticular entre plántulas de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* bajo estrés hídrico, reportando tasas de transpiración para la primera especie desde 0,8 hasta $1,1 \text{ mmol}\cdot\text{g}^{-1}$ y en la segunda especie desde 0,07 hasta $0,1 \text{ mmol}\cdot\text{g}^{-1}$.

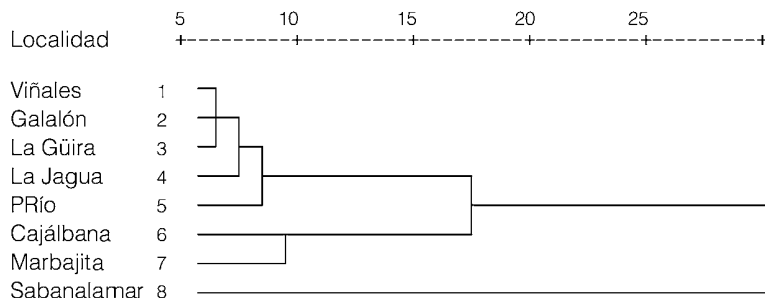


Figura 8. Dendrograma que agrupa el comportamiento de las variables ecológicas y fisiológicas de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

En la Figura 8 se muestra un dendrograma que refleja la agrupación de un conjunto de variables ecológicas y fisiológicas de la especie, relacionadas fundamentalmente con la disponibilidad de agua en la planta, las características químicas y físicas del suelo, así como las tasas de transpiración cuticular. En tal dendrograma se aprecia la formación de tres grupos, uno compuesto por las localidades Viñales, Galalón, La Güira, La Jagua y Pinar del Río, con un comportamiento muy similar entre ellas. El segundo grupo está formado por Cajálbana y Marbajita, que muestran los mejores resultados para el desarrollo de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*. El tercer grupo está representado por Sabanalamar, localidad ubicada a una distancia mayor, lo cual hace que presente características únicas. En esta localidad se tienen suelos arenosos (Tabla IV), en donde se manifiesta una carencia nutricional y baja retención de agua, condiciones poco favorables para el desarrollo de las plantas.

Las diferencias en el desarrollo de *P. caribaea* var. *caribaea* entre localidades se deben fundamentalmente a las características ambientales y tipos de suelo predominantes en cada una de ellas. Los resultados son importantes para el manejo y conservación de la especie, ya que puede ser vulnerable a determinados cambios del ambiente y, al presentar ciertos requerimientos hídricos y nutricionales, una variación en su hábitat puede perturbar su desarrollo y tasas reproductivas, así como los niveles de productividad del ecosistema.

Conclusiones

1. Se aprecian diferencias en las marchas diurnas de la tasa de fotosíntesis y de la transpiración, manifestando la

especie un mejor control estomático a las 16:00 horas.

2. Los potenciales hídricos y la transpiración cuticular son distintos entre localidades. Las localidades con menor estrés son las de Cajálbana y Marbajita, ya que presentaron los valores menos negativos de potencial hídrico al pre-amanecer y mostraron la transpiración cuticular más alta, probablemente debido a una mayor retención de agua en el suelo. La localidad con mayor estrés hídrico y menor transpiración cuticular es Sabanalamar, la cual presenta suelo arenoso con alto contenido de Na, bajo contenido de nutrientes y baja capacidad de almacenamiento de agua.

3. Cajálbana y Marbajita muestran las mejores características para el desarrollo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, seguidas de Viñales, Galalón, La Güira, La Jagua y Pinar del Río, y finalmente Sabanalamar.

4. Los resultados podrían servir para realizar planes de manejo de esta especie considerada como vulnerable, y ayudar así a su conservación.

REFERENCIAS

Anoruo AO (1993) Caribbean pine in sustainable tropical Forestry distribution, taxonomy, ecology, biotechnology and silvics. *J. Sust. Forest.* 1: 1-23.

Ansorena J (1994) *Sustrato, Propiedades y Características*. Mundiprensa. Madrid, España. 172 pp.

Berazaín-Iturralde R, Areces Berazaín F, Lazcano Lara JC, González Torres LR (2005) *Lista Roja de la Flora Vasculosa Cubana*. Jardín Botánico Atlántico. Gijón, España. 86 pp.

Betancourt BA (1987) *Silvicultura Especial de Árboles Maderables Tropicales*. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La Habana, Cuba. 427 pp.

Cairo P, Fundora O (2002) *Edafología*. 3ª ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 476 pp.

Cano JH, Volpato G (2004) Herbal mixtures in the traditional medicine of Eastern Cuba. *J. Ethnopharmacol.* 90: 293-316.

De Las Heras J, Bonilla M, Martínez LW (2006) Germination after heat treatments of *Pinus tropicalis* Morelet and *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* seeds of west Cuban forests. *Ann. Forest Sci.* 63: 469-475.

Domínguez S, Murias G, Herrero N, Peñuelas JL (2001) Comparación del desarrollo de ocho especies mediterráneas durante su primer año en campo y su relación con los parámetros funcionales de las plantas. *Actas del III Congreso Forestal de España Sierra Nevada, II*. Junta de Andalucía / Corias Gráficas. Sevilla, España. pp. 75-871.

Escarre-Estévez A (1997) *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Santillana. Madrid, España. 383 pp.

García-Quintana Y (2006) Caracterización del estado actual, dinámica y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. *Mem. IV Simp. Int. de Manejo Sostenible de los Recursos Forestales*. Pinar del Río, Cuba. CD.

García-Quintana Y (2007) Estrategia de conservación intraespecífica para *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari. Tesis. Universidades de Pinar del Río, Cuba, y de Alicante, España. 120 pp.

Hernández AJ, Ascanio MO, Carrera RA, Morales DM, Medina BN (2002) *Nuevos Aportes a la Clasificación de Suelos en el Ámbito Nacional e Internacional. Correlación de la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba con World Reference Base*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. Cuba. 130 pp.

Lambers H, Chapin III FS, Pons TL (1998) *Plant Physiological Ecology*. Springer. Nueva Cork, EEUU. 540 pp.

León CJ (2002) *Nuevas Perspectivas para el Uso del Agua y la Gestión de los Recursos Vegetales en la Cuenca del Río Cuyaguaje*. Tesis. Universidades de Pinar del Río, Cuba, y de Alicante, España. 140 pp.

Márquez-Montesino F, Cordero-Alcántara T, Rodríguez-Mirasol J, Rodríguez-Jiménez JJ (2001) Estudio del potencial energético de biomasa de *Pinus caribaea* Morelet

var. *caribaea* (pc), *Pinus tropicalis* Morelet (pt), *Eucalyptus saligna* Smith (es), *Eucalyptus citriodora* Hook (ec) y *Eucalyptus pellita* F. Muell (ep). *Rev. Chapingo Ser. Cienc. Forest. Amb.* 7: 83-89.

Marrero A, Renda A, Calzadilla E (1998) Comportamiento de *Pinus caribaea* var. *caribaea* Morelet en diferentes tipos de suelos. *Rev. Cuba Forest.* 1: 39-40.

Mayedo BS (2006) *Caracterización del estado actual, dinámica y conservación de las poblaciones naturales de Pinus caribaea* var. *caribaea*. Trabajo de Diploma. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 45 pp.

Melander M (2007) Endangered Plants on the Market in Havana City, Cuba. *Minor Field Study 127*. Uppsala University. Suecia. 29 pp.

MINAGRI (1984) *Manual de Interpretación de los Índices Físico-Químicos y Morfológicos de los Suelos Cubanos*. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. 133 pp.

Oliet PJ (2001) *Aplicaciones de la Medida del Estado Hídrico en el Viverismo*. Dpto. Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba, España. 17 pp.

Samek V, Del Risco E (1989) *Los pinares de la Provincia de Pinar del Río, Cuba. Estudio Sincológico*. Academia de Ciencias. La Habana, Cuba. pp. 13-19.

Saquete A, Lledó MJ (2005) Seguimiento de variables ecofisiológicas en plantaciones de *Pinus halepensis* Millar, en un ciclo de secado. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. Forest.* 20: 135-140.

Shibayama T, Ashtona MS, Singhakumarab B, Griscoma HP, Ediriweerab S, Griscoma BW (2006) Effects of fire on the recruitment of rain forest vegetation beneath *Pinus caribaea* plantations, Sri Lanka. *Forest Ecol. Manag.* 226: 357-363.

Sperry JS, Hacke UG (2002) Desert shrub water relations with respect to soil characteristics and plant functional type. *Funct. Ecol.* 16: 367-378.

Villar S, Ocaña L, Peñuelas J, Carrasco I, Domínguez S, Revilla I (1997) Relaciones hídricas y potencial de formación de raíces en plántulas de *Pinus halepensis* Mill. sometidas a diferentes niveles de endurecimiento por estrés hídrico. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. Forest.* 4: 81-92.