

CARACTERIZACIÓN DE ATRIBUTOS ECOFISIOLÓGICOS DE *PINUS CARIBAEA* MORELET VAR. *CARIBAEA* EN DIFERENTES AMBIENTES

M.Sc. YUDEL GARCÍA QUINTANA,¹ DRA. GRETTEL GEADA LÓPEZ,¹ M.Sc. LUCÍA MARIBEL MEDINA MALAGÓN,¹ DR. ANTONIO ESCARRÉ,² M.Sc. IRIS CASTILLO MARTÍNEZ¹ Y M.Sc. ALEXANDER CHILE¹

¹ Universidad de Pinar del Río. Calle Martí 270 esq. a 27 de Noviembre, Pinar del Río, Cuba, ygarcia@af.upr.edu.cu.

² Universidad de Alicante, España, escarre@ua.es

RESUMEN

Este trabajo se realizó en áreas de distribución natural de la especie Pinus caribaea var. caribaea con el objetivo de caracterizar atributos ecofisiológicos en diferentes ambientes. Se evaluaron ocho poblaciones: Cajálbana, Marbajita, La Güira, La Jagua, Galalón, Viñales, Pinar del Río y Sabanalamar. Para ello se hizo una caracterización físico-química del suelo y se tomaron medidas de intercambio gaseoso y potenciales hídricos. Los resultados indican que la variedad se desarrolla en condiciones edáficas pobres y deficientes en contenidos nutricionales. Se aprecian tasas de evolución diaria de la fotosíntesis y la transpiración manifestando un mejor control estomático a las cuatro de la tarde. La población de Sabanalamar presentó una situación de estrés hídrico (-0,3 MPa).

Palabras claves: *Pinus caribaea var. caribaea, ecofisiología, potenciales hídricos, intercambio gaseoso, transpiración*

ABSTRACT

The aim of this study was to characterize the ecophysiological attributes of Pinus caribaea var. caribaea under different environments along its range of distribution. Were evaluated 8 populations: Cajálbana, Marbajita, La Güira, La Jagua, Galalón, Viñales, Pinar del Río y Sabanalamar, where previously was done a physical-chemical characterization of the soils and to determine the gas exchange index and hydric potential. The results clearly shown that the specie grows in very poor conditions mostly in soils with deficient nutrients, which is also corresponding to the low rate of photosynthesis and transpiration. The best control of stomata opening was around 4:00 p.m. The population of Sabanalamar shown an strong hydric stress of (-0,3MPa).

Key words: *Pinus caribaea var. caribaea, ecophysiology, hidric potential, gaseous interchange, intranspiration rates*

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha aumentado considerablemente el interés por los

estudios ecofisiológicos en los árboles forestales. La ecofisiología vege-

tal estudia las respuestas fisiológicas frente a diferentes condiciones ambientales, desarrollando técnicas que permiten medir el micro medio-ambiente de las plantas, las relaciones hídricas y los patrones de intercambio gaseoso. Se puede decir que la ecofisiología es un componente importante del entrenamiento de un ecólogo vegetal [Hernández, 2005].

Los estudios modernos de ecofisiología tienen el objetivo de explicar los procesos de ecología de las plantas como rendimiento, supervivencia y distribución en términos fisiológicos, orientados fundamentalmente a entender mecanismos de adaptación al estrés de cualquier naturaleza y conocer la plasticidad de los mecanismos de adaptación frente a una biosfera cambiante, los cuales son de gran importancia para el manejo adecuado y la conservación de las especies. La ecofisiología ha surgido como una disciplina frontera entre la fisiología y la ecología, en las que se contestan preguntas sobre adecuación de las plantas a su medio [Orellana y Escamilla, 1991].

El ambiente de una planta está formado por la hidrosfera, la atmósfera y la pedósfera (edafosfera), pero además lo integran factores físicos y químicos en su hábitat, y la influencia ejercida por otros organismos, o sea, el ambiente de cada planta es la totalidad de las condiciones externas que actúan sobre un individuo o comunidad de organismos (biocenosis) en un territorio definido (biotopo) [Hernández, 2005].

El clima es uno de los factores principales que afectan la distribución

natural de la vegetación. Para Del Risco (2000) los factores climáticos son muy importantes, tanto en la formación de edafotopos como en la de los tipos de bosques. Casi todas las leyes –reglas, características y condiciones– de la formación y distribución de los tipos, así como de la productividad del bosque, están relacionadas estrechamente con el clima.

En Pinar del Río las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* han sido deterioradas por factores como los incendios forestales, las talas, la erosión y gran parte de los suelos donde se desarrolla pertenecen a *Pinus tropicalis*, siendo la especie en estudio más exigente en cuanto a condiciones ecológicas, con preferencia hacia los suelos ferríticos latosotes, típicos de la localidad de Cajálbana. Este trabajo presenta como objetivo general caracterizar atributos ecofisiológicos en diferentes ambientes de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en ocho áreas de distribución natural de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*: Cajálbana, Marbajita, Galalón, La Jagua, La Güira, Viñales, Pinar del Río y Sabanalamar. Para ello se tomó información sobre las variables precipitación media anual y temperatura media anual en cada uno de los puntos de muestreo, a partir de los registros brindados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Pinar del Río.

Se realizó un análisis edáfico, y tratando de representar toda el área en estudio se tomó al azar cuatro muestras de suelo por cada una de las ocho localidades, las cuales fueron analizadas efectuando de él una caracterización química y física. La caracterización química se realizó en el Laboratorio de Suelos perteneciente al Ministerio de la Agricultura, en Pinar del Río, y la caracterización física en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Pinar del Río. Se determinó además el índice de grosor-tamaño de las partículas del suelo- por la fórmula de Richards *et al.* (1986), citado por Ansorena (1994).

Para las medidas de intercambio gaseoso en la especie se realizó una campaña de campo el 22 y 23 de enero del 2006 en una parcela experi-

mental ubicada en el Jardín Botánico de Pinar del Río. En el primer día se realizaron medidas puntuales de radiación fotosintéticamente activa (PAR) y fotosíntesis, expresados en $\mu\text{E cm}^2/\text{s}$ y $\mu\text{moles CO}_2/\text{m}^2\text{hoja/s}$, respectivamente, con el objetivo de construir curvas de saturación de luz. Al día siguiente se hizo un seguimiento de la fotosíntesis ($\mu\text{moles CO}_2/\text{m}^2\text{hoja/s}$) y la transpiración ($\text{mmol de H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{hoja/s}$) a lo largo del día, estimando valores cada dos horas, a las ocho, diez, doce, dos y cuatro de la tarde.

Se determinó el potencial hídrico con la Cámara de Scholander (*Fig. 1*) en horas de la madrugada y al mediodía, en cada una de las ocho localidades de estudio, y adaptó la metodología descrita por Oliet (2001).



Fig. 1. Cámara de Scholander para medidas de potencial hídrico en las plantas.

Para el procesamiento estadístico en todos los análisis se utilizó el sistema automatizado SPSS para Windows versión 10.0. Con los datos de precipitaciones media anual y altitud de cada una de las localidades de estudio se realizó un análisis de correlación con la de Pearson.

Los resultados en la caracterización química y física del suelo fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza de clasificación simple, y pruebas de comparación de rangos múltiples de Duncan al 95% de confiabilidad.

De igual forma las medidas de potencial hídrico fueron procesadas mediante un análisis de varianza simple y pruebas de comparación de rangos múltiples de Duncan al 95% de confiabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Fig. 2 muestra una correlación débil entre las variables altitud y precipitaciones ($R = 0,29$), aunque se observa de forma general que a medida que aumenta la altitud aumenta el número de precipitaciones.

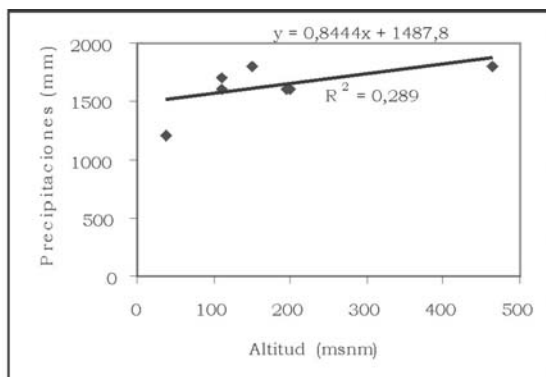


Fig. 2. Correlación entre precipitación media anual (mm) y altitud (msnm).

La Tabla 1 indica los valores medios obtenidos a partir de los análisis estadísticos de la caracterización química del suelo para cada una de las localidades de estudio. En ella se aprecia que existen diferencias significativas entre cada una de las propiedades químicas analizadas, lo cual es una característica de la amplitud ecológica de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* en su ambiente natural, aunque se debe destacar que esta se desarrolla con mejores resultados en edátopos relativamente más favorables, con incluso mayores incrementos, demostrado por Samek y Del Risco (1989).

Estos resultados muestran que son suelos ácidos, medianamente áci-

dos, ligeramente ácidos y neutros. Los más ácidos son los del grupo de significación α (Viñales y Galalón) con un pH medio de 3,8, y los neutros (6,5) los de la localidad de Sabanalamar. Estos suelos presentan pobres contenidos de fósforo, potasio y bases intercambiables, con excepción del sodio, que en la población de Sabanalamar fue alto, lo que 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). En la Tabla 2 se muestran diferencias significativas en las características físicas del suelo con diferentes niveles de significación.

TABLA 1
Valores medios de la caracterización química del suelo por localidades

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

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan con una $p < 0,05$.

TABLA 2**Valores medios de la caracterización física del suelo por localidades**

Localidades	$D = g/cm^3$		h_y (%)	Porosidad total (%)	I_g (%)
	d_a	d_r			
La Jagua	1,18f	2,28b	0,50c	48,24c	75,9e
La Guira	1,25g	2,33c	0,32b	53,65b	67,8c
Marbajita	1,11d	2,45d	3,99h	54,69d	50,15b
Galalón	0,98b	2,26b	2,66g	56,64f	69,22c
Viñales	1,05c	2,31c	1,32d	55,0e	74,26d
Pinar del Río	0,86a	2,28b	1,95e	62,28g	68,07c
Cajalbana	1,15e	3,63e	1,98f	68,0h	41,97a
Sabanalamar	1,54h	2,11a	0,31a	27,01a	88,72f
Std. Desv.	1,19	0,45	1,22	11,5	14,04
Std. Error	$3,41 \times 10^{-2}$	$8,12 \times 10^{-2}$	0,21	2,04	2,5

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan con una $p < 0,05$.

La densidad aparente varía desde muy baja, baja, mediana hasta alta. Los suelos arcillosos muestran valores más bajos, y los arenosos más altos, como es el caso de la localidad de Sabanalamar, coincidiendo con Cairo y Fundora (2002).

El índice de grosor (I_g) es un indicador importante para determinar la influencia del tamaño de las partículas en las propiedades físicas de los suelos. En la Fig. 3 se observa una

correlación lineal decreciente entre el índice de grosor y la porosidad total ($R = 0,61$), y se nota que a medida que aumenta el I_g disminuye la porosidad, lo que se debe a que el I_g está determinado por la macroporosidad, y lo que determina la porosidad en los suelos es la microporosidad. Ansorena (1994) reporta valores de porosidad en un amplio intervalo, desde un 30% en suelos compactados hasta cifras del orden del 95%.

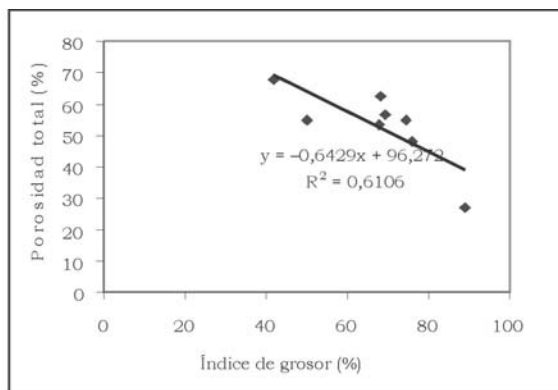


Fig. 3. Correlación entre el I_g y la porosidad total (%).

En la Fig. 4 se muestra el comportamiento medio de la evolución de la fotosíntesis, apreciando fluctuaciones diarias. Las mayores tasas de fotosíntesis en las horas de la mañana se obtuvieron a las diez, y precisamente a esta hora las plantas tienen abierto sus estomas. A partir de este punto disminuye la fotosíntesis, hasta las dos de la tarde que este valor supera al de las diez de la mañana con valores de $6,03 \mu\text{molesCO}_2/\text{m}^2/\text{hoja}/\text{s}$ y una diferencia notable de $4,26 \mu\text{molesCO}_2/\text{m}^2/\text{hoja}/\text{s}$ entre los valores mayores y menores de fotosíntesis en la especie. También se obtienen errores estándares superiores en este punto de evolución diaria (dos de la tarde). Este comportamiento desde las diez de la mañana hasta las dos de la tarde pudiera deberse a factores como la exposición del sol, las condiciones del ambiente y la ar-

quitectura de las plantas, pues el movimiento del sol al parecer en estas horas del día permite que en determinados momentos la arquitectura de la planta provoque cierto sombreo y disminuya la intensidad luminosa hacia el interior del rodal.

Por otra parte, es válido aclarar que a las cuatro de la tarde se observan valores negativos, lo que quiere decir que a esta hora los mecanismos de respiración de las plantas son mayores que la asimilación de CO_2 , debido a un descenso en la fotosíntesis por la incidencia de la luz que favorece el cierre de los estomas.

Saquete y Lledó (2005) obtuvieron tasas de fotosíntesis de evolución en el tiempo superiores en *Pinus halepensis*, del orden de $9 \mu\text{molesCO}_2/\text{m}^2/\text{hoja}/\text{s}$ en suelos de turba, y $9,8 \mu\text{molesCO}_2/\text{m}^2/\text{hoja}/\text{s}$ en lodo.

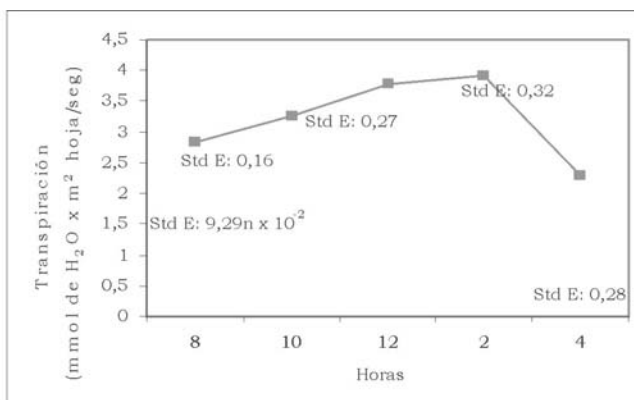


Fig. 4. Comportamiento medio de evolución diaria de la fotosíntesis en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

La transpiración se define como la pérdida de agua mediante la evaporación a través de los estomas y la cutícula de la hoja [Parra *et al.*, 2001].

Las tasas de transpiración de evolución diaria se muestran en la Fig. 5, donde se observa un comportamiento creciente desde las primeras horas

solares hasta decrecer en el último punto (cuatro de la tarde), debido a que a esta hora las plantas dejan de asi-

milar CO₂ y manifiestan un mejor control estomático, lo que corrobora lo planteado por Domínguez *et al.* (2001).

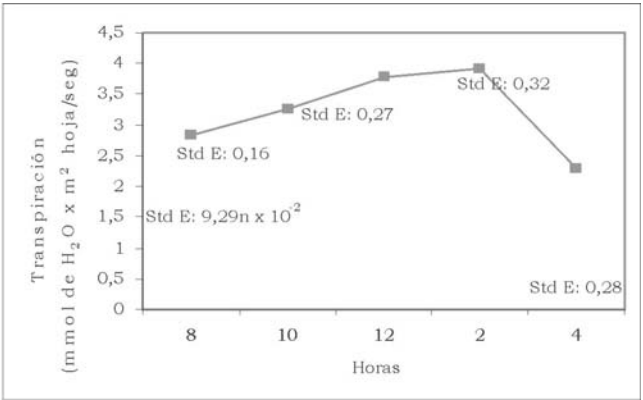
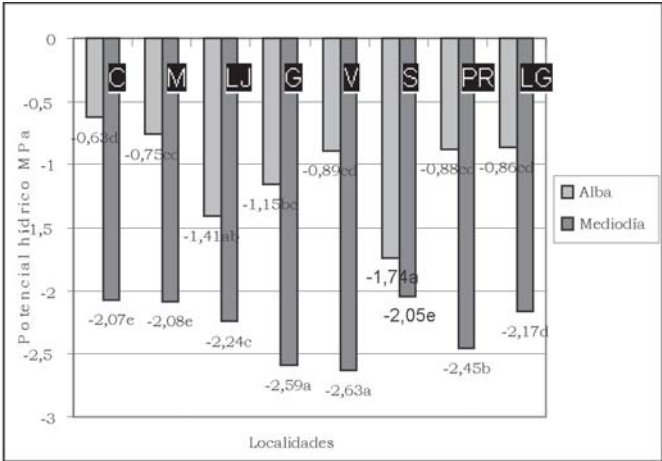


Fig. 5. Comportamiento medio de evolución diaria de la transpiración en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

La cantidad de agua en la planta suele evaluarse por medio del potencial hídrico, el cual es un indicador del estado hídrico. En la Fig. 6 se muestran diferencias significativas entre las medidas de potenciales hídricos al alba y al mediodía para cada una de las localidades. Obsérvese que

alcanza los máximos valores al alba y los mínimos –más negativos– al mediodía. Esto se debe a que la salida del sol estimula la apertura de los estomas en la planta, lo cual indica las pérdidas por transpiración y provoca el descenso del potencial, lo que coincide con lo planteado por Oliet (2001).



En las barras, letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan $p < 0,05$ al alba: Desv. Std. 0,48 y Error Std.. $6,47 \times 10^{-2}$, y mediodía: Desv. Std. 2,23 y Error Std. $3,07 \times 10^{-2}$

Fig. 6. Medias de potencial hídrico al alba y al mediodía (MPa).

En la *Fig. 6* se observa que la localidad de Sabanalamar es la que presenta menos diferencia entre los potenciales hídricos de la madrugada y el mediodía ($-0,31\text{MPa}$). Esto puede deberse, entre otras causas, a las características edáficas, pues se trata de un suelo arenoso, el cual retiene menos el contenido de agua, pues se pierde por gravedad, y fundamentalmente al ambiente y a las características morfológicas, ya que en esta zona se pierde poca agua al mediodía y las plantas además crean mecanismos ecofisiológicos, sufriendo diferentes modificaciones fisiológicas y morfológicas para poderse adaptar a ese medio. Aun así los valores de potencial hídrico indican estrés hídrico en la planta, pues se encuentran por debajo de $0,4\text{MPa}$, considerando los criterios señalados por Escarré *et al.* (1997), donde valores menores de $0,4\text{MPa}$ entre una y otra medida indican que existe una situación de estrés hídrico en la planta.

León (2002) obtuvo valores de potencial hídrico en esta especie que fluctúan entre $-0,47/-0,96$ al alba, y $-1,3/-1,45\text{MPa}$ al mediodía, en suelos arenosos, al final de la época de lluvias y con antecedentes de fuertes precipitaciones.

Parra *et al.* (2001) reportan potenciales hídricos entre $-0,5$ y $-2,5\text{MPa}$ en hojas de manzano. Este mismo autor agrega que el potencial hídrico está en función del contenido de humedad en el suelo.

CONCLUSIONES

- La especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* se desarrolla en una gran

diversidad de ambientes y en condiciones edáficas pobres y deficientes en contenidos nutricionales.

- Se aprecian diferencias en las tasas de evolución diaria de la fotosíntesis y la transpiración, manifestando la especie un mejor control estomático a las cuatro de la tarde.
- Las medidas de potenciales hídricos en la especie oscilan desde $-0,06$ hasta $-1,74\text{MPa}$ al alba, y de $-0,75$ hasta $-2,63\text{MPa}$ al mediodía, con los valores máximos al alba y los mínimos –más negativos– al mediodía.
- La población de Sabanalamar presenta una situación de estrés hídrico ($-0,3\text{MPa}$), lo que demuestra que el contenido de agua en el suelo asociado a las características morfológicas afectan la transpiración.

BIBLIOGRAFÍA

- ANSORENA, M.: *Sustrato, propiedades y características*, Ediciones Mundiprensa, España, 1994.
- CAIRO, P.; O. FUNDORA: *Edafología*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2002.
- DEL RISCO, E.: «Tipología de bosques». Documentos preparados para curso de tipología de bosques en la Maestría en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba, 2000 (inédito).
- DOMÍNGUEZ, S.; G. MURIAS; N. HERRERO; J. L. PEÑUELAS: «Comparación del desarrollo de ocho especies mediterráneas durante su primer año en campo y su relación con los parámetros funcionales de las plantas», Junta de Andalucía, S.E.C.F., Actas del III Congreso Forestal de España, Sierra Nevada, II. Corias Gráficas, Sevilla, 2001.
- HERNÁNDEZ, G. L.: «Introducción a la ecofisiología vegetal», Libro de Botánica *On line*. Material didáctico elaborado por Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida, Vene-

- zuela. Disponible en: <http://www.forest.ula.ve/-rubenhg>. (consultado el 15 de enero del 2006).
- LEÓN CORO, J.: «Nuevas perspectivas para el uso del agua y la gestión de los recursos vegetales en la cuenca del río Cuyaguaje». Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas, Universidad de Pinar del Río/Universidad de Alicante, 2002.
- MARRERO, A.; A. RENDA; E. CALZADILLA: «Comportamiento de *Pinus caribaea* var. *caribaea* Morelet en diferentes tipos de suelos», revista *Cuba Forestal*, no. 0, 1998, pp. 39 y 40.
- MAYEDO BATISTA, S. «Caracterización del estado actual, dinámica y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*». Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Forestal, Departamento Forestal, Universidad de Pinar del Río, Cuba, 2006.
- OLIET, P. J.: «Aplicaciones de la medida del estado hídrico en el viverismo», Departamento Ingenierí Forestal, Universidad de Córdoba, España, 2001.
- ORELLANA, R.; J. A. ESCANILLA: *Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos*, CICY, 1991.
- PARRA, E.; E. BECERRIL; C. LÓPEZ: «Transpiración, resistencia estomática y potenciales hídricos de manzano *Goleen delicious* injertado sobre portainjertos clonales». Disponible en: <http://www.bioline.org.br/reques?at02053>.
- SAMEK, V.; E. DEL RISCO: *Los pinares de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Estudio sin ecológico*, Ed. Academia, 1989.
- SAQUETE, A.; M. J. LLEDÓ: «Seguimiento de variables ecofisiológicas en plantaciones de *Pinus halapensis* Millar, en un ciclo de secado». Actas de la I Reunión sobre Ecología, Ecofisiología y Suelos Forestales, *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, no. 20, 2005.