

Efecto de la irradiancia sobre la anatomía foliar de *Sabal mauritiiformis* (Krass) Griseb & Wendl.

Irradiance effect on the leaf anatomy of *Sabal mauritiiformis* (Krass) Griseb & Wendl.

R. Valera¹, N. Maciel², M. E. Sanabria¹ y A. Mendoza²

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Postgrados de Agronomía

¹Departamento de Ciencias Biológicas y Programa Fitopatología

²Departamento de Fitotecnia, Programa Horticultura.

Resumen

Las palmeras tienen un alto potencial en el paisajismo urbano; sin embargo, es escasa la información hortícola relacionada con su crecimiento. Se evaluaron los efectos de dos niveles de irradiancia (450 y $1750 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) sobre la anatomía de la lámina foliar de *Sabal mauritiiformis*. Los mayores valores en el número de estomas, densidad estomática e índice de estomático, grosor de la lámina, número de estratos del mesófilo y grosor de la cutícula más la pared externa de la epidermis se presentaron en las hojas expuestas a $1750 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Los resultados obtenidos confirmaron la plasticidad adaptativa de esta especie a diferentes condiciones ambientales.

Palabras clave: *Sabal mauritiiformis*, anatomía, irradiancia, lámina foliar.

Abstract

Palms have a high potential in the urban landscape painting, nevertheless there is few horticultural information related to its growth. The effects of two irradiance level (450 and $1750 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) on the leaf anatomy of *Sabal mauritiiformis* were evaluated. The higher values in the stomatal number, stomatal density and stomatal index, cross-section leaf thickness, mesophyll layer number and cuticle thickness more the external wall of the epidermis appeared in the leaves exposed to $1750 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. The obtained results confirmed the adaptable elasticity of this species to different environmental conditions.

Key words: *Sabal mauritiiformis*, anatomy, irradiance, leaf cross-section

Introducción

Las palmeras son un grupo de plantas que conforman la familia *Arecaceae* o *Palmae*, donde se incluyen 30 géneros, 101 especies, una subespecie y 34 variedades. *Sabal* es uno de los géneros más comunes en el Caribe y áreas adyacentes, creciendo en zonas pantanosas, abiertas costeras o secas y arenosas, donde es conocido comúnmente como carata, palmera redonda, cara, moriche redondo y Yaracuy (4).

La luz, la temperatura y la humedad, son algunos de los componentes del medio ambiente que intervie-

nen de manera decisiva en el desarrollo del vegetal, por lo tanto, una inadecuada condición de estos factores puede reducir el vigor de la planta o limitar su desarrollo. La luz, además de ser esencial para la fotosíntesis, regula la tasa fotosintética, la biosíntesis de pigmentos, la asimilación de nitrógeno y la anatomía foliar (5). En esta investigación se consideró conocer la influencia de dos niveles de irradiancia (450 y 1750 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) sobre la anatomía foliar de *Sabal mauritiiiformis*.

Materiales y métodos

Los ensayos se realizaron en los el Postgrado de Agronomía de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", ubicado en Tarabana, Municipio Palavecino, estado Lara, a una altitud de 500 msnm y 10°01'30" LN y 69°16'30" LO. Se evaluaron dos niveles de irradiancia (450 y 1750 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) sobre la anatomía foliar de *S. mauritiiiformis*, durante 10 meses después de la emergencia. El diseño estadístico fue completamente al azar con dos tratamientos y cinco repeticiones, donde cada repetición tenía 25 plantas, para una total de 250. Para el estudio anatómico se recolectaron, al final del ensayo, cinco hojas ubicadas en el tercio medio de las plantas sometidas a las dos condiciones de luz de cada repetición.

Para la obtención de las superficies foliares en vista frontal, porciones de la parte media de la lámina de

2 cm^2 se sometieron a un proceso de macerado en una solución de hipoclorito de sodio al 40% y se calentaron hasta que se aclararon completamente, se separaron ambas epidermis, posteriormente se lavaron con agua destilada, se tiñeron con una solución de verde malaquita y se colocaron en láminas portaobjeto con una mezcla de agua:glicerina (1:1) (6).

La caracterización de los estomas, determinación del índice y la densidad estomática se realizaron con un microscopio óptico Olympus BX40 en un campo de 400X y el índice estomático se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$\text{IE} = \frac{\text{NE} \times 100}{\text{CE} + \text{NE}} \quad (6)$$

Las variables evaluadas en la vista frontal fueron longitud de los

estomas (LEaba), longitud y anchura de la células epidérmicas (LCEada, ACEada, LCEaba y ACEaba) en ambas superficies; el número de estomas (NE) y de células epidérmicas mm² (NCE), la densidad estomática (DE) y el índice estomático (IE) en la superficie abaxial.

Se seccionaron transversalmente los tercios medios de las láminas foliares a mano alzada y se tiñeron con una solución de verde malaquita, se montaron en portaobjeto con una mezcla de agua:glicerina (1:1) y se sellaron con esmalte para uñas transparente. La medida de las células y tejidos se realizó con un microscopio Zeiss provisto de una escala para medir. Las variables evaluadas fueron anchura de la lámina (AL), espe-

sor de la cutícula más la pared externa de las células epidérmicas de ambas superficies (GC+Pada y GC+Paba), longitud y anchura de las células epidérmicas (LCE y ACE), anchura del mesófilo (AM), número de estratos del mesófilo (NCM) y el porcentaje que ocupaba este tejido (% M), longitud de los haces vascular (LHV), espesor de la vaina del haz (GVH) y el número de estratos de células que la constituyen (NCVH). A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza para cada una de las variables estudiadas, mediante el programa estadístico SAS versión 8.1. La comparación de medias fue realizada en base a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Resultados y discusión

Estudio anatómico.

Epidermis vista frontal: Los estomas correspondieron al tipo *Rhoeo discolor* (Commelinaceae) ó perigeno y se ubicaron en la superficie abaxial de la lámina, lo que se correspondió con láminas foliares hipostomáticas (1). Estos resultados concordaron con lo reportado por Pérez y Rebollar (3) en otras especies de *Sabal*, encontrando estomas en ambas superficies de la lámina, clasificándola como anfiestomática. Las células de la superficie adaxial fueron rectangulares, cuadradas, pentagonales y hexagonales; con los lados más largos paralelos a las nervaduras y al igual que en la abaxial; las paredes delgadas, rectas; en algunos casos con sinuosidad. La epider-

mis que cubrió las nervaduras, se diferenció claramente de la de zonas intercostales, por la disposición de las mismas en filas rectas, se observaron alargadas y con un evidente engrosamiento de las paredes.

Sección transversal. La lámina fue isolateral, con ambas epidermis uniestratificadas, glabras, recubiertas por la cutícula y seguida por la hipodermis, la cual se diferenció del mesófilo por la forma de las células, por ser incoloras y carecer de cloroplastos. La continuidad de este último tejido, fue interrumpido por células esclerenquimáticas; por la vaina de los haces vascular o por la presencia de las cámaras subestomáticas, esto último hacia la superficie abaxial. La hipodermis en

la nervadura principal donde el transcorte de la lámina adquirió forma de "V" invertida fue pluriestratificada, las células fueron de mayor tamaño que las de la lámina y presentaron fibras agrupadas en nódulos de diferentes grosores. Los estomas se presentaron al mismo nivel de las restantes células epidérmicas o algo hundidos con respecto a las mismas, con cámaras subestomáticas pequeñas.

El mesófilo se presentó indiferenciado y continuo, con espacios intercelulares pequeños, paredes delgadas; células hialinas o con cloroplastos. La función de soporte o de sostén en las láminas foliares de *S. mauritiiiformis* la ejercieron las vainas esclerénquimáticas de los haces vasculares y los paquetes de fibras ubicados por debajo de los tejidos protectores.

Efecto de la irradiancia

Vista frontal:

Se encontraron diferencia altamente significativas ($P \leq 0,01$) para LEaba y ACEada, donde los valores más altos correspondieron a las epidermis de aquellas plantas mantenidas a plena exposición ($1.750 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Se observaron también diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre los valores de NE, DE e IE de la superficie abaxial de la lámina foliar, de las plantas cultivadas a plena exposición y bajo sombra. Los mayores valores de DE (195,95 estomas. mm^{-2}), IE (6,68%) y NE (45,08) correspondieron a láminas foliares a plena exposición (cuadro 1).

Castro *et al.* (2) consiguieron un incremento del número de estomas

por unidad de área en plantas de *Cupania vernalis*, a pleno sol con respecto a plantas con 30% de sombra, lo cual sugirió que la planta podría elevar su conductancia de gases evitando que la fotosíntesis fuera limitada por las diferentes condiciones del ambiente.

Sección transversal

Se evidenciaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre plantas cultivadas a plena exposición y las de sombra, correspondiendo los mayores valores de estas variables para la primera condición. Situación diferente ocurrió con los valores de %M en las láminas foliares de plantas a plena exposición y sombra, donde no hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) (cuadro 2).

Los valores promedios de GC+PCada y GC+PCaba de ambas superficies de la lámina también mostraron diferentes altamente significativas ($P \leq 0,01$) para las plantas cultivadas a plena exposición ($1.750 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) y aquellas bajo sombra ($450 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), siendo los valores más altos los correspondientes a la superficie adaxial. Se determinó además que hubo una correlación del 0,8872 y 0,8381 entre las variables AL con AM y el AL con el NCM. Aunado a esto existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$), en cuanto a LHV, LE, y NCVHV. Las otras variables a pesar de no observarse diferencias, fueron siempre mayores a plena exposición solar, lo que evidenció la misma tendencia de las variables anatómicas en la vista frontal.

Estos resultados coincidieron con los obtenidos por Castro *et al.* (2)

Cuadro 1. Efecto de dos irradiancias (1750 y 450 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) sobre diferentes variables de la anatomía de la lámina foliar de *Sabal mauritiformis* en vista frontal.

Variables (μm)	Tratamiento ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	
	1750	450
Longitud de los estomas de la superficie abaxial (LEaba)	1,92a	1,57b
Longitud de la células epidérmicas superficie adaxial (LCEada)	3,69a	3,59a
Anchura de la células epidérmicas superficie adaxial (ACE ada)	1,10a	0,86b
Longitud de la células epidérmicas superficie abaxial (LCEaba)	3,16a	2,98a
Anchura de la células epidérmicas superficie abaxial (ACE aba)	0,99a	0,89a
Número de células epidérmicas (NCE)	633,23b	715,08a
Número de estoma (NE)	45,08a	30,75b
Densidad estomática (DE) (Estomas $\cdot\text{mm}^{-2}$)	195,95a	133,67b
Índice estomático (IE) (%)	6,68a	4,13b

Las Pruebas de significancia: ns= no significativo ($P>0,05$); *= significativo ($P\leq 0,05$), **= altamente significativo ($P<0,001$). Medias con letras diferentes representan diferencias significativas según la prueba de rangos múltiples Duncan ($P\leq 0,05$), para cada tratamiento.

Cuadro 2. Efecto de dos irradiancias (1750 y 450 ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) sobre las diferentes variables evaluadas de la anatomía de la lámina foliar en sección transversal de *Sabal mauritiformis*.

Variables (μm)	Tratamiento ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	
	1750	450
Anchura de la Lámina (AL)	17,22a	12,49b
Espesor de cutícula + pared externa adaxial (GC+Pada)	0,70a	0,40b
Espesor de cutícula + pared externa abaxial (GC+Paba)	0,61a	0,30b
Longitud de células epidérmicas adaxiales (LE)	2,27a	2,09a
Anchura de células epidérmicas adaxiales (AE)	4,03a	3,69a
Anchura del mesófilo (AM)	12,25a	8,89b
Número de estratos del mesófilo (NCM)	6,40a	4,40b
Porcentaje de mesófilo (% M)	71,52a	71,83a
Longitud del haz vascular (L HV)	13,33a	10,23b
Espesor de vaina del haz vascular (GVHV)	3,00a	2,48a
Número de estratos de la vaina del haz vascular (NCVHV)	4,00a	2,93b

Las Pruebas de significancia: ns= no significativo ($P>0,05$); *= significativo ($P\leq 0,05$); **= altamente significativo ($P<0,001$). Medias con letras diferentes representan diferencias significativas según la prueba de rangos múltiples Duncan ($P\leq 0,05$), para cada tratamiento.

en el sentido de que las láminas de las hojas producidas a plena exposición eran más gruesas que aquellas formadas bajo sombra; por otra parte consideraron que los mayores valores de AL fueron observados en plantas cultivadas a plena exposición seguidas por aquellas bajo sombra de 30, 50 y 70%. A juicio de estos mismos

autores, el AM y de las epidermis de ambas superficies contribuyeron al incremento del AL en aquellas plantas a plena exposición. Para el caso de *S. mauritiiformis* este tejido se vio incrementado por las condiciones de crecimiento del AM; sin embargo, entre las epidermis de ambas superficies, no se observó esta diferencia.

Conclusiones

Estos resultados confirmaron que la anatomía de la lámina foliar de *S. mauritiiformis* fue influenciada por las condiciones de irradiancia, lo que permitió a la planta una plasticidad adaptativa.

Las hojas sometidas a $1750 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ desarrollaron una lamina foliar mas gruesa, con un mayor nú-

mero de estratos del mesófilo y un mayor espesor de la cutícula más la pared externa de la epidermis.

Las características anatómicas adquiridas por las hojas a plena exposición podrían favorecer la conductancia de gases, la fotosíntesis y la transpiración.

Literatura citada

1. Flores-Vindas, E. 1999. La Planta. Estructura y Función. Vol. 1 y 2. Libro Universitario Regional (LUR). Costa Rica.
2. Castro, E., A. Alvarenga, E. Castro, C. Vieira y J. Rodrigues. 2006. Aspectos fisioanatómicos de plantas jóvenes de *Cupania vernalis* Camb. Submetidas a diferentes niveles de sombreado. Revista Árvore. 30:33-41.
3. Pérez, M. y S. Rebollar. 2003. Anatomía y usos de las hojas maduras de tres especies de *Sabal* (Arecaceae) de la Península de Yucatán, México. Rev. Biol. Trop. 51(2):333-344.
4. Stauffer, F. 1999. Datos preliminares para la actualización de la Flora de Palmas (Arecaceae) de Venezuela. Acta Bot. Venez. 22(1):77-107.
5. Schluter U., M. Muschak, D. Berger y T. Altmann. 2003. Photosynthetic performance of an *Arabidopsis* mutant with elevated stomatal density (*sdd1-1*) under different light Journal of Experimental Botany 54(383):867-874.
6. Wilkinson, H. 1979. The plant surface (Mainly leaf). pp. 97-165. En: C.R. Metcalfe y Chalk (Eds.). Anatomy of Dicotyledons. Oxford, Clarendon Press London.