

# Respuesta de la densidad estomática a características foliares e individuales en tres especies de árboles en Gamboa, Panamá

Gustavo Adolfo González Bermúdez <sup>a</sup>

Recibido 10-2-14      Aprobado 17-6-14

## Resumen

Los estomas tienen una función esencial en el mantenimiento de la homeostasis de la planta, especialmente en la regulación de la pérdida de vapor de agua e ingreso de CO<sub>2</sub>. Se determinó el efecto de diferentes características foliares (largo y ancho) y particulares (altura y área basal) sobre la densidad estomática de tres especies de árboles en Gamboa, Panamá. El ancho de las hojas tuvo una correlación negativa con la densidad de estomas. Los porcentajes de densidad estomática en los tres árboles son diferentes. Se recomienda aumentar la muestra y realizar el análisis con variables ambientales para entender de mejor manera estas relaciones de planta-ambiente.

**Palabras clave:** densidad estomática, homeostasis, CO<sub>2</sub>, características foliares, Panamá.

## Abstract

Stomata plays an essential role in maintaining the homeostasis of the plant, especially in regulating the loss of water vapor and the uptake of CO<sub>2</sub>. The effect of different leaf characteristics (length and width) and individual characteristics (height and basal area) on stomatal density of three species of trees in Gamboa, Panama was determined. The width of the leaves was negatively correlated with stomatal density. The percentage of stomatal density of the three trees was different. Increasing the sample size and doing an analysis including environmental variables for a better understanding of the plant-environment relationships is recommended.

**Key words:** Stomatal density, homeostasis, CO<sub>2</sub>, foliar, Panama.

## INTRODUCCIÓN

La hoja es el órgano más susceptible en responder a las condiciones del medio ambiente y es capaz de reflejar más claramente, los efectos de estrés impuesto por factores ambientales o a su heterogeneidad (Sanabria *et al.* 2005). Tiene una función esencial en el mantenimiento de la homeostasis de la planta, especialmente en la regulación fisiológica de la pérdida de vapor de agua e ingreso de dióxido de carbono (Flores, 1999). El intercambio de estos y otros gases en las hojas se realizan por medio de los estomas, que constituyen el mecanismo biológico más importante de la planta predominando su función

en la transpiración y la fotosíntesis (Jiménez y Vásquez 1995).

La densidad estomática en las plantas varía con las condiciones ambientales (Brownlee, 2001), lo cual han sido objeto de estudio para entender la relación planta-ambiente (Cayón, 1997; Chaimsohn *et al.* 2008). Uno de esos factores ambientales es el aumento que han sufrido los niveles de CO<sub>2</sub> durante los últimos 150 años que hace que la densidad de los estomas se hayan reducido en un 34 por ciento, lo que restringe la cantidad de vapor de agua que las plantas liberan a la atmósfera (De Boer *et al.* 2011; Lammertsma *et al.* 2011). El aumento en las concentraciones de dióxido de carbono induce modificaciones en el aparato

---

<sup>a</sup>. Estudiante de las carreras Bachillerato de Gestión de los Recursos Naturales, Departamento de Ciencias Naturales, Sede de Occidente y Bachillerato y Licenciatura en Geografía, Facultad de Ciencias Sociales, Escuela de Geografía. Sede Rodrigo Facio. Universidad de Costa Rica. tavocucu@hotmail.es

estomático, las cuales varían en intensidad y dirección, dependiendo de la especie y el período de exposición (Rivera *et al.* 2013).

Existe poca bibliografía acerca de cómo características foliares morfológicas como el ancho y el largo de la hoja pueden variar con la densidad estomática. Se relacionan con la conductancia hidráulica (Scoffoni *et al.* 2011) o el tamaño de los estomas (Arrieta *et al.* 2010). Características individuales de las plantas, tales como el área basal, han sido relacionadas únicamente en cultivos (Kashefi *et al.* 2012), no así en bosques sin manejo activo.

El objetivo de esta investigación fue determinar si existe una relación entre la densidad de estomas como variable respuesta al largo y ancho de la hoja, la altura del árbol y su área basal en tres especies de árboles en Gamboa, Panamá.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de estudio:

El análisis estomático se realizó durante el mes de agosto del 2013, en el Camino del Oleoducto en el Parque Nacional Soberanía (9°07'44.09" N - 79°42'55.57" W) a una altura de 60 msnm utilizando las especies *Gustavia longifolia* y *Psychotria sp.* Este Parque Nacional tiene una extensión de 19,543.55 hectáreas y está ubicado en las provincias de Panamá y Colón, en la República de Panamá. Representa el Bosque Húmedo Tropical, en su mayoría bosque secundario. La otra parte del estudio fue en el centro del pueblo de Gamboa (9°06'59.60" N - 79°42'01.10" W) a 40 msnm utilizando *Tabebuia rosea*. Este lugar se encuentra cerca del Río Chagres, en la costa Pacífica de la República panameña.

### Preparación y análisis de las muestras:

Se tomaron dos hojas, la tercera y la cuarta a partir de la yema terminal, de 13 individuos de cada especie y se trasladaron al laboratorio del Instituto Smithsonian en Gamboa. Se les aplicó esmalte para uñas transparente en la parte abaxial de las hojas en la parte media. Las preparaciones fueron removidas con cinta adhesiva cinco minutos después de la aplicación y colocadas en portaobjetos para ser analizadas en el microscopio a 40X (Figura 1). Se determinaron las correlaciones de la variable respuesta (densidad estomática) con el ancho y largo de la hoja, la altura del árbol y su área basal mediante las pruebas de Pearson (para datos normales) y Spearman (para datos no normales). Con los datos correlacionados realicé una regresión lineal. Las diferencias en las densidades estomáticas de las tres especies de árboles las analicé con un ANOVA. Los datos fueron examinados en el programa R (v. 3.0.0 © 2013).

## RESULTADOS

No existían relaciones entre la densidad estomática con el largo de la hoja, la altura del árbol y su área basal (Cuadro 1). Por otro lado, sí se encontró una relación negativa entre la densidad estomática y el ancho de las hojas (n=39, p= 0.0018, r = -0.48). El ancho de la hoja explicó un 23 por ciento de la variación en la densidad estomática en las hojas observadas (n=39, R<sup>2</sup>= 0.23, p=0.0010) (Figura 2). Se realizó un estimado de estomas con la ecuación  $y = ax + b$ , dando como resultado un tendencia de 125.25 estomas por 11.80 cm de ancho. El análisis ANOVA mostró que había diferencias en

la densidad estomática entre las tres especies de árboles estudiadas ( $n= 39$ ,  $F= 7.241$ ,  $p= 0.00227$ ), siendo *G. longifolia* la que tenía el promedio más alto (Figura 3).

## DISCUSIÓN

La única relación significativa fue obtenida en función al ancho de la hoja. Esto coincide con lo que encontraron Núñez *et al.* (2006) en algunas de las especies del género *Prunus*. Desde el punto de vista hídrico entre más lejos los estomas se encuentran de las nervaduras principales, menos flujo de agua y por consiguiente menos eficiencia habrá. Se observaron diferencias significativas en el número de estomas por  $\text{mm}^2$  entre los distintos tamaños del largo de las hojas en un estudio de Lallana y Lallana (2003), aunque no encontré lo mismo en esta investigación.

La asociación entre las variables altura y área basal con la densidad estomática fueron significativas en estudios relacionados con cultivos, siendo estas variables importantes para la producción, crecimiento y calidad (Berdeja *et al.* 2010). En este estudio, es posible que, con una muestra mucho mayor pudiera presentar una relación positiva con la altura de las plantas. Las diferencias de promedios en la densidad estomática entre las tres especies estudiadas se debe a que la densidad estomática varía con las condiciones ambientales, por lo que puede diferir entre plantas de la misma especie, entre hojas de la misma planta y entre sectores de una misma hoja (Esau, 1972; Brownlee, 2001).

## CONCLUSIONES

Gracias a este trabajo se puede concluir que:

1. Existen diferencias en la densidad de estomas entre las especies *Gustavia longifolia*, *Psychotria sp* y *Tabebuia rosea*.

2. La relación negativa encontrada entre el ancho de la hoja y la densidad estomática puede ser explicada por la lejanía a las nervaduras principales, entre más ancha la hoja menos estomas.

3. La altura y el área basal, con una muestra mayor, nos dan información base para en un futuro volver a analizar los mismos individuos y poder estudiar el comportamiento en la densidad de estomas a través del tiempo.

## RECOMENDACIONES

Además de la densidad estomática, para poder comprender de mejor manera la relación planta-ambiente, se pueden analizar tanto el índice estomático como la apertura estomática (Salas *et al.* 2001). Este último está asociado con la acumulación de potasio  $\text{K}^+$ , el cual aumenta con la salida del sol; explica un aumento del pH, lo que hace que la apertura sea menor (Cadena *et al.* 2001). Diferencias en los promedios de las densidades estomáticas de una misma especie, evaluadas en diferentes estratos como altitud, salinidad, zonas de vida; pueden ser significativos y de mucho valor al momento de inferir en los cambios de esta a razón del calentamiento global.

## AGRADECIMIENTOS

A Diana Sharpe y Jacinto Pérez por su cooperación durante todo el trabajo. También agradezco al Dr. Omar López por sus conocimientos en la materia. Gracias a los compañeros del curso Gigante por sus

motivaciones y al STRI por la oportunidad de realizar esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arrieta, B., A. Villegas, A. Hernández, M. Rodríguez, L. Ruíz y E. García. 2010. Disminución de la conductancia hidráulica hoja con deshidratación: relación al tamaño de la hoja y la arquitectura de nervadura. *Rev. Fitotec. Mex.* 33: 257-263.
- Berdeja, R., A. Villegas, L.M. Ruíz, J. Sahagún y M. Colinas. 2010. Interacción lima persaportainjertos. Efecto en características estomáticas de hoja y vigor de árboles. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16: 91-97.
- Brownlee, C. 2001. El largo y el corto de las señales de la densidad de estomas. *Trends Plant Sci.* 6: 441-442.
- Cadena, J., L.M. Ruiz, C. Trejo, P. Sánchez, J.F. Aguirre. 2001. Regulación del intercambio de gases y relaciones hídricas en chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz).
- Cayón, M.G., M.A. El-Sharkawy y S. Mejía de Tafur. 1998. Efectos fisiológicos del estrés hídrico en el clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*). *InfoMusa* 7:12-14.
- Chaimsohn, F., M. Montiel, E. Villalobos y J. Urpí. 2008. Anatomía micrográfica del folíolo de la palma neotropical *Bactris gasipaes* (Arecaceae). *Rev. Biol. Trop.* 56: 951-959.
- De Boer, H.J., E. I. Lammertsma, F. Wagner-Cremer, D. L. Dilcher, M. J. Wassen, S. C. Dekker. 2011. Forzamiento climático debido a la optimización de la conductancia foliar máxima en la vegetación subtropical bajo el aumento de CO<sub>2</sub>. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. DOI: 10.1073
- Esau, K. 1972. Anatomía vegetal. Omega, Barcelona, España.
- Flores, E. 1999. La planta: estructura y función. V. II. Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica.
- Jimenez, F. y N. Vásquez. 1995. Estudio de la densidad y distribución estomática de musáceas de diferente ploidia, p 176-178. *In* Escalant, J., Ammour, T., Vásquez, N. y White, T. (eds.). Programa de Investigación Científica. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Kashefi, B., S.R. Tabaei, M. Matinizedeh, A. Mousavi y A. Jafari. 2012. Algunas caracterizaciones fisiológicas y enzimáticas del damasco de Rose adhesiones (*Rosa damascena* Mill.) *AJCS* 6:283-290.
- Lallana, V. y M.C. Lallana. 2003. Densidad estomática en hojas de *Eryngium horridum* Malme y su relación con el estado de desarrollo de las hojas. *RCA Rev. Cient. Agropecu.* 4: 81-86.
- Lammertsma, E.I., H. J. de Boer, S. C. Dekker, D. L. Dilcher, A. F. Lotter, F. Wagner-Cremer. 2011. Aumento del CO<sub>2</sub> global conduce a la reducción de la conductancia estomática máxima en la vegetación de Florida. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. DOI: 10.1073.
- Núñez, C.A., A.F. Barrientos, J.E. Rodríguez y R.

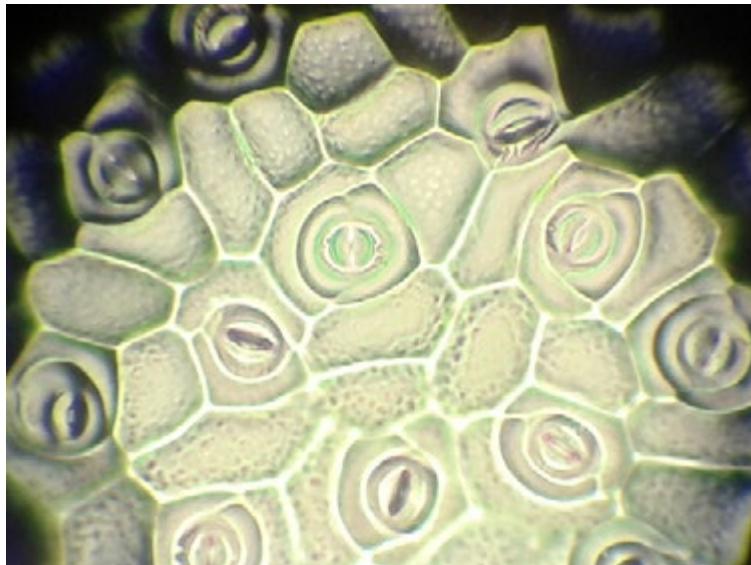
- Nieto. 2006. Variabilidad anatómica de los sistemas de conducción y estomático de genotipos de *Prunus* spp. de diferentes orígenes. Pesq. agropec. Bras. 41: 233-241.
- Rivera, P., J.L. Villaseñor y T. Terrazas. 2013. El aparato estomático de Asteraceae y su relación con el aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 84: 499- 508.
- Salas, J.A., M.E. Sanabria y R. Pire. Variación en el índice y densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos. Bioagro 13:99-104.
- Sanabria, M.E., M. Norberto y D. Bautista. 2005. Efecto de Diferentes Fotoperíodos Sobre la Anatomía, el Índice y la Densidad Estomática de la Lámina Foliar de *Heliconia latispatha* Benth. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 48:5-9.
- Scoffoni, C., M. Rawls, A. Mckown, H. Cochard y L. Saco. 2011. Disminución de la conductancia hidráulica de la hoja con la deshidratación: relación al tamaño de la hoja y la arquitectura de nervadura. Plant. Physiol. 156: 832-43.

## ANEXOS

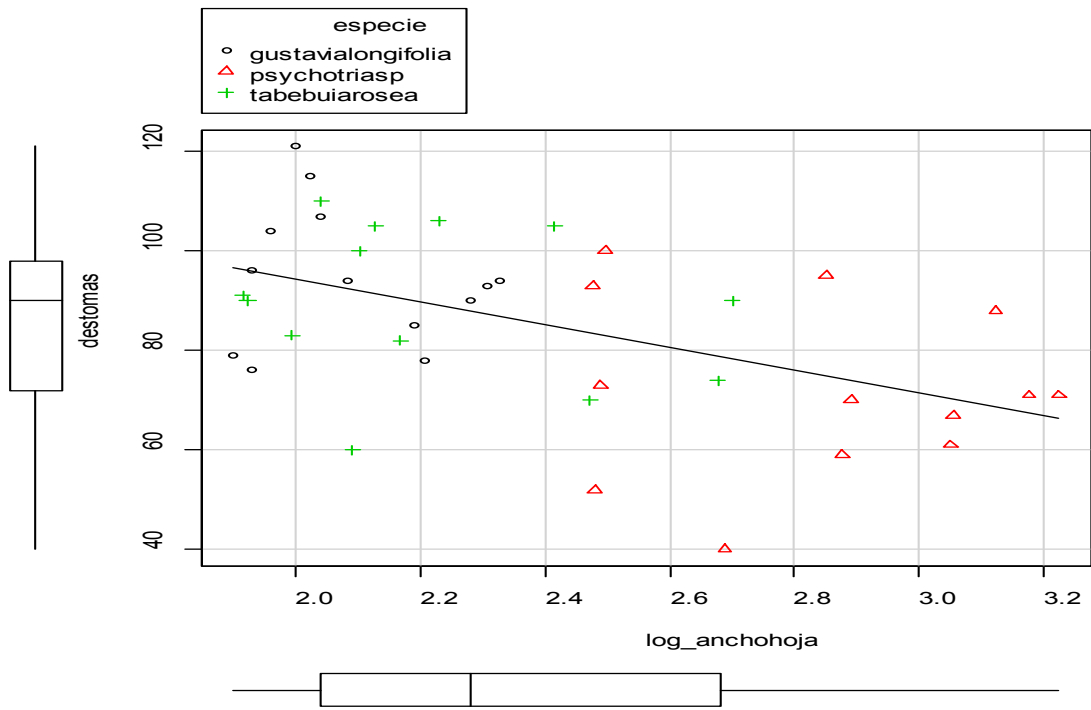
**Cuadro 1.** Prueba de correlación de Pearson y Spearman aplicadas entre la variable densidad de estomas y las variables altura del árbol, largo de la hoja, ancho de la hoja y área basal del árbol.

Datos	Valor de p	r	Intervalos de Confianza
Densidad de estomas Log_altura	0.23	0.20	-0.1275580 0.4815995
Densidad de estomas Log_largo de hoja	0.25	-0.19	-0.4772781 0.1330739
Densidad de estomas Log_área basal	0.39	-0.14	-0.43844358 0.1810118
Densidad de estomas Log_ancho hoja	0.0018**	-0.48	

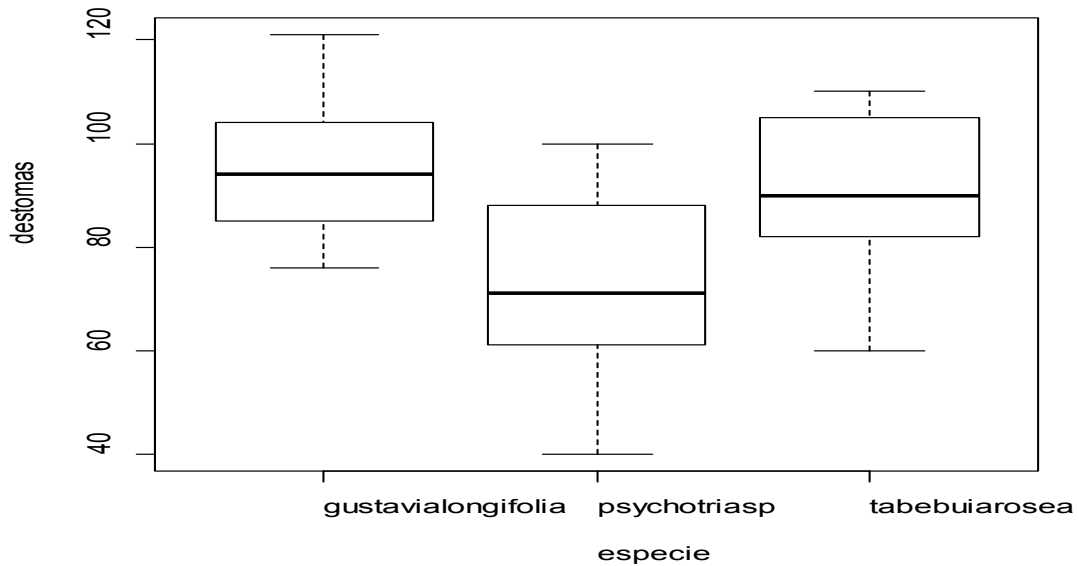
\*\* Rango de correlación de Spearman



**Figura 1.** Estomas vistos al microscopio a 40X



**Figura 2.** Relación entre la densidad de estomas de las tres especies de árboles y el ancho de las hojas



**Figura 3.** Diferencias en la densidad de estomas entre *G. longifolia*, *Psychotria sp* y *T. rosea*. Las barras de error representan el rango intercuartil.