

Índice estomático relacionado con caracteres morfológicos de especies arbustivas de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Stomatics index related morphological characters of shrub species of the Jose Faustino Sanchez Carrion.

Hermila Belba Díaz Pillasca¹, Zoila Felipa Honorio Durand², Angella Del Carmen Gozalo Vásquez¹, Gerson Joel Dominguez Bazalar¹, Miguel Angel Duran Meza¹.

RESUMEN

Objetivo: Demostrar la relación del índice estomático con caracteres morfológicos como altura, área basal, ancho y largo foliar en especies arbustivas. **Materiales y Métodos:** Se utilizaron hojas verdes de diferentes especies arbustivas. Se realizó un muestreo aleatorio sistemático con afijación proporcional. La altura de la planta fue medida por el método de triángulo semejantes y el área basal fue medida con una cinta diamétrica. El índice estomático fue estimado por el número de estomas multiplicado por cien y dividido con la sumatoria del número de células epidérmicas y el número de estomas. **Resultados:** Existe acentuada variabilidad entre los individuos de cada especie evaluada, dentro y entre lugares considerados, con respecto al número de estomas y de celular epidérmicas, lo cual se refleja en los valores del índice estomático. **Conclusión:** Existe correlación para el índice estomático y densidad estomática, número de células epidérmicas, caracteres morfológicos (altura, área basal, largo y ancho foliar) así como factores ambientales (T ° y pH).

Palabras clave: Estomas, índice estomático, factores ambientales, densidad estomática.

ABSTRACT

Objective: To demonstrate the relationship of the stomatic index with morphological characters such as height, basal area, width and leaf length in shrub species. **Materials and Methods:** Green leaves of different shrub species are used. A systematic random sampling with proportional affixation was performed. The height of the plant was measured by the similar triangle method and the basal area was measured with a diametric tape. The stomatic index was estimated by the number of stomas multiplied by one hundred and divided by the sum of the number of epidermal cells and the number of stomata. **Results:** There is a marked variability among the individuals of each species evaluated, within and between places considered, with respect to the number of stomata and epidermal cell, which is reflected in the stomatic index values. **Conclusion:** There is a correlation for the stomatic index and stomatic density, number of epidermal cells, morphological characters (height, basal area, length and leaf width) as well as environmental factors (T ° and pH).

Key Words: Stomata, stomatal index, environmental factors, stomatal density (NE).

¹ Facultad de Ciencias. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú.

² Facultad de Bromatología y Nutrición. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú.

INTRODUCCIÓN

Las plantas, están sometidas en forma natural a condiciones ambientales estresantes, que limitan su crecimiento y desarrollo; las cuales responden mediante mecanismos de adaptación; por modificación genética o, lo más común, por aclimatación fenotípica, que implica alteraciones morfológicas y fisiológicas; por ello, la adaptación de una especie a un determinado ambiente suele mostrar correlación con la estructura anatómica de algunos órganos por lo que se considera necesario su estudio simultáneo (Arroyo Alfaro, 2015; Nughes, Colares, Hernández, y Aranbarri, 2013).

Las adaptaciones permiten a las plantas sobrevivir en condiciones extremas de frío, calor, humedad, sequía y deficiencia de minerales del suelo; factores estresantes que juegan un rol importante en la evolución adaptativa de las plantas, donde el rango de temperatura y disponibilidad de agua están entre los factores abióticos más importantes que determinan el grado de especificidad de la adaptación (Cach Pérez, 2008; González Bermúdez, 2013; Nughes, Colares, Hernández, y Aranbarri, 2013).

Las adaptaciones, se manifiestan particularmente en la morfología y anatomía de la hoja, por ser el órgano más susceptible en responder a condiciones ambientales estresantes; e implica una función esencial en la homeostasis de la planta, especialmente en la regulación fisiológica de la pérdida de vapor de agua e ingreso de dióxido de carbono por medio de los estomas, cuya densidad varía como respuesta de la relación planta – ambiente, lo cual ha sido objeto de numerosos estudios (Arroyo Alfaro, 2015; Cach Pérez, 2008; Palchetti, Barboza, y Cosa, 2014; Rivera, Villaseñor, y Terrazas, 2013; Salas, Sanabria y Pire, 2001).

Sin embargo, no existe información del índice estomático en relación con la altura, área basal y característica morfológica foliares como el ancho y el largo, en especies arbustivas ornamentales existentes en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Por ello el objetivo del presente trabajo fue evaluar la relación del índice estomático con caracteres morfológicos como altura, área basal, ancho y largo foliar en las especies arbustivas de la ciudad universitaria.

MATERIAL Y METODOS

Se aplicó un muestreo aleatorio sistemático con afijación proporcional; midiéndose la altura de la planta con el método de triángulos semejantes; el área basal se estimó con el método de cinta diamétrica; el índice estomático fue estimado con la fórmula siguiente:

$$IE = (NE*100)/(CE+NE)$$

Se determinó el número de especies arbustivas y de individuos por especie; así como el tamaño de muestra; y, de cada individuo seleccionado se midió la altura, área basal y se tomó una hoja apical, midiendo el largo y ancho del limbo, se etiquetó y fue llevada al laboratorio; donde, los tres tercios de cada hoja colectada se fijaron en F: A: A = formol - ácido acético - alcohol del 70%. Segmentos de esta muestra se colocaron en una solución de hipoclorito de sodio al 40% y calentaron hasta separar las epidermis adaxiales y abaxiales. Las muestras procesadas fueron teñidas con eosina, haciéndose los montajes semipermanentes con agua- glicerina (1:1) Salas, Sanabria y Pire, (2001).

La determinación del número de estomas (NE), células epidérmicas (CE) y células anexas (CA), índice estomático (IE) y la densidad estomática (DE) se realizó con un microscopio óptico olympus BX40 (área 4,347 mm²), con un campo de observación de 400X. El índice estomático fue estimado según Wilkinson (1979) = (NE)/(CE+NE) x 100

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza, tipificándose las diferencias mediante la prueba de Tukey. La relación del IE con altura y área del tallo; con el largo y ancho de la hoja; y, con temperatura y pH, se estimó mediante correlación lineal. En todos los casos, las decisiones se tomaron con un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS

Se registraron cinco especies arbustivas presentes en los diversos ambientes del campus universitario; de las cuales predomina *Hibiscus rosa-sinensis* "cucarda" (Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación taxonómica de las especies arbustivas seleccionadas

Orden	Familia	Género	Especie	Nombre común	Muestra
Malvales	Malvaceae	<i>Hibiscus</i>	<i>H. rosa-sinensis</i>	Cucarda	53
Rosales	Rosaceae	<i>Rosa</i>	<i>R. canina</i>	Rosal	15
Caryophyllales	Nyctaginacea	<i>Bougainvillea</i>	<i>B. spectabilis</i>	Papelillo	2
Apiales	e		<i>S. wallichiana</i>	Chiflera	31
Sapindales	Araliaceae	<i>Schefflera</i>	<i>S. molle</i>	Molle	19
	Anacardiaceae	<i>Schinus</i>			
	e				

El análisis de varianza, muestra que las cinco especies manifiestan diferencias intraespecíficas e interespecíficas para las variables NE, CE, CA e IE. La prueba de Tukey (Tabla 2), señala que el “molle” tiene, en promedio, mayor NE y diferente a los

promedios de las otras especies; ocurriendo lo mismo en el “papelillo” con respecto a las células anexas (CA); y, en la “cucarda” para IE; mientras que “chiflera” y “molle” muestran valores iguales para CE, pero diferentes a las demás especies.

Tabla 2. Prueba de Tukey para tipificar diferencias significativas entre especies

VARIABLE	FACTOR	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
Número de estomas (NE)	Molle	19	38,74	A
	Chiflera	31	33,90	B
	Cucarda	53	19,53	C
	Papelillo	20	13,00	D
	Rosal	15	12,53	D
Células epidérmicas (CE)	Chiflera	31	544,90	A
	Molle	19	533,37	A
	Papelillo	20	138,50	B
	Cucarda	53	87,72	C
	Rosal	15	87,33	C
Células anexas (CA)	Papelillo	20	5,50	A
	Chiflera	31	5,00	B
	Rosal	15	4,00	C
	Cucarda	53	2,00	D
	Molle	19	2,00	D
Índice estomático (IE)	Cucarda	53	18,75	A
	Rosal	15	13,05	B
	Papelillo	20	8,56	C
	Molle	19	6,87	C
	Chiflera	31	5,92	C

Según la prueba de Tukey, el “molle” presentó número de estomas significativamente mayores con relación a las demás muestras, el número de estomas fueron significativamente menores en el “papelillo” y “rosal”. Los mayores índices fueron encontrados en la “cucarda” y “rosal”.

En la Tabla 3, se presentan los valores de correlación lineal del Índice estomático (IE) con NE, CE, caracteres morfológicos (CM) y factores ambientales (temperatura y pH). Al observar la tabla se desprende que el IE, en la especie *Hibiscus rosa-sinensis* “cucarda”, tiene una elevada correlación con NE, CE y CM; pero no con la temperatura y pH. Además, la correlación es negativa con CE; así como, con largo y ancho foliar. En la especie *Rosa canina* “rosal” el IE sólo tiene relación alta y

positiva con NE; mientras que *Bougainvillea spectabilis* “papelillo”, el IE se relaciona alta y positivamente con todos los indicadores de las variables consideradas.

En el caso de *Schefflera wallichiana* “chiflera”, el IE sólo tiene relación alta y positiva con NE, siendo negativa con CE; mientras que, en *Schinus molle* “molle”, el IE sólo se relaciona positivamente con el NE y negativamente con el ancho de la hoja. Sin embargo, al relacionar el IE con los indicadores de las variables evaluadas, considerando todas las especies, se detecta que hay correlación en todos los casos, con excepción de diámetro del tallo. Siendo la relación positiva con largo y ancho foliar; y, negativa en los demás casos.

Tabla 3. Correlación lineal de IE con NE, CE, CM y Factores Ambientales

VARIABLES	ESTOMAS		CARACTERES MORFOLÓGICOS (cm)						FACTORES	
			Tallo			Hoja			AMBIENTES	
Especie	NE	CE	Altura	Diám.	A.Basal	Largo	Ancho	T °C	pH	
Cucarda	r	0,734	-0,546	0,425	0,442	0,435	-0,641	-0,658	-0,015	-0,007
	p	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,916	0,963
Rosal	r	0,943	-0,211	0,165	0,148	0,121	0,314	0,106	-0,141	***
	p	0,000	0,451	0,556	0,600	0,668	0,254	0,706	0,616	***
Papelillo	r	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-1,000	-1,000	1,000	1,000
	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Chiflera	r	0,695	-0,543	-0,150	0,051	-0,014	-0,239	-0,188	-0,064	0,219
	p	0,000	0,002	4,21	0,786	0,941	0,195	0,310	0,734	0,237
Molle	r	0,948	0,027	0,158	-0,042	0,011	-0,214	-0,529	0,016	-0,039
	p	0,000	0,912	0,518	0,864	0,965	0,378	0,020	0,949	0,876
Todas	r	-0,279	-0,722	-0,396	-0,132	-0,186	0,236	0,297	0,170	0,242
	p	0,001	0,000	0,000	0,121	0,029	0,005	0,000	0,046	0,004

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, se debe tener en cuenta que el genotipo (genoma) codifica el fenotipo; es decir, las características morfofisiológicas y etológicas de todo ser viviente; por tanto, la diversidad genotípica conduce a la biodiversidad; y, por ende a la variabilidad fenotípica (inter e intraspecífica); como lo encontrado en el presente trabajo; sin embargo, no todos los genes pueden expresarse total o parcialmente en el fenotipo, debido a principios de dominancia, aditividad, interacción génica y factores ambientales (Sosa, Batista, González, y Bouza, 2004; Amador Arranz, 2012; Castro et al., 2015)

Además, se debe tener presente que los estomas son usados para el intercambio gaseoso (O_2 y CO_2), los cuales son fundamentales para que se desarrollen los procesos de fotosíntesis y respiración de las plantas. Sin embargo, su apertura también provoca la pérdida de agua a través de la transpiración (Strassburger, 1994).

Por esto, la apertura o cierre de los estomas está muy finamente regulada en la planta por factores ambientales como luz, concentración de dióxido de carbono o disponibilidad de agua. En casos de sequía (estrés hídrico) se cierran los estomas para impedir la pérdida de agua, pero, a su vez, imposibilita la entrada de CO_2 . Es por ello que en regiones xerófilas, los estomas frecuentemente son pequeños o casi inexistentes Casson y Gray (2008).

De allí que, cualquier variación ambiental, especialmente el estrés hídrico, luz, pH, temperatura, etc. promoverá cambios morfológicos de los estomas, altura del tallo, diámetro de la planta, largo y ancho foliar; dependiendo de las características de respuesta de cada especie y su plasticidad génica; por lo que el IE manifestará una ausencia o presencia de correlación (positiva o negativa) con otros caracteres morfológicos y factores ambientales, (Rivera, Villaseñor, y Terrazas, 2013)

Tal como lo detectado en el presente trabajo; donde, en la cucarda, el IE tiene una elevada correlación con NE, CE y CM; pero no con la temperatura y pH. Además, la correlación es

negativa con CE; así como, con largo y ancho foliar; mientras que, en el rosal, el IE sólo tiene relación alta y positiva con NE; teniendo en el papelillo una relación alta y positiva con todos los indicadores de las variables consideradas; en cambio en la chiflera, el IE sólo tiene relación alta y positiva con NE, siendo negativa con CE; y, finalmente, en el molle, el IE sólo se relaciona positivamente con el NE y negativamente con el ancho de la hoja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amador Arranz, C. (2012). *Estrategias de manejo poblacional para revertir introgresión de genes exógenos*. Madrid: Univ. Complutense de Madrid.
- Arroyo Alfaro, S. F. (2015). *Morfología y fisiología de tres especies de Polylepis P. microphylla (Wedd.) Bitter, P. racemosa Ruiz & Pav. y P. subsericans J.F. Macbr. (Rosaceae) en tres niveles altitudinales, en Yanacocha, Urubamba - Cusco*. Cuzco: Univ. Nac. de San Antonio Abad del Cuzco.
- Cach Pérez, M. J. (2008). *Influencia ambiental sobre la fisiología y anatomía foliar de Tillandsia heterophylla, Bromelia endémica de México*. Xalapa: Instituto de Ecología, A.C.
- Cañizares, A., Sanabria, M. E., Rodríguez, D. A., & Perozo, Y. (2003). Características de los estomas, índice y densidad estomática de las hojas de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) injertada sobre ocho patrones cítricos. *Rev. UDO Agrícola*, III(1), 59-64.
- Castro Gómez, J. C., Bombarely Gómez, A., Botella Mesa, M. Á., Marapara del Águila, J. L., Cobos Ruiz, M., & Imán Correa, S. A. (2015). *Análisis estructural y funcional del genoma de Myrciaria dubia "camu-camu" como base para su mejoramiento genético*. Iquitos: Univ. Nac. de la Amazonía Peruana.
- González Bermúdez, G. A. (2013). Respuesta de la densidad estomática a características foliares e individuales en tres especies de árboles en Gamboa, Panamá. *Pensamiento Actual*, XIII(20), 43-49.

- Nughes, L., Colares, M., Hernández, M., & Aranbarri, A. (2013). Morfo-Anatomía de las hojas de *Celtis Ehrenbergiana* (Celtidaceae) desarrolladas bajo condiciones naturales de sol y sombra. *Bonplandia*, XXII(2), 159-170.
- Ostle, J. (1981). *Estadística aplicada*. México: Limusa.
- Palchetti, M. V., Barboza, G. E., & Cosa, M. T. (2014). Anatomía foliar en especies de *Capsicum* (Solanaceae) de diferentes ambientes biogeográficos sudamericanos. *Bol. de Soc. Arg. de Bot.*, LIX(3), 417-436.
- Rivera, P., Villaseñor, J. L., & Terrazas, T. (2013). El aparato estomático de Asteraceae y su relación con el aumento de CO₂ atmosférico en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, LXXXIV, 499-508.
- Salas, J. A., Sanabria, M. E., & Pire, R. (2001). Variación en el índice y densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos. *Bioagro*, XIII(3), 99-104.
- Sosa, P., Batista, F. J., González, M. A., & Bouza, N. (2004). La conservación genética de las especies vegetales amenazadas. *Revista de Univ. de Las Palmas de G. Canaria*, 134-160.
- Strassburger, E. (1994). *Tratado de Botánica* (Octava ed.). Barcelona: Omega.
- Wilkinson H. (1979). The plant surface (mainly leaf). In Metcalfe CR y L Chalk eds. *Anatomy of Dicotyledons*. Oxford, London, UK. Claredon Press. p. 97-165.
- Correo electrónico:** milabe48@hotmail.com
Revisión de pares:
Recibido: 05-04-2019
Aceptado: 14-06-2019