

ESTUDIO DE LA DENSIDAD ESTOMÁTICA EN EL PERFIL DE LA PLANTULA DE AGUACATE (*Persea americana* Mill.)

A. F. Barrientos P.¹, J. L. Rodríguez O.² y M.W.Borys³

RESUMEN

Se estudió la frecuencia estomática, frecuencia de células epidérmicas e índice estomático, en las primeras 11 hojas maduras en plántulas derivadas de semilla de las tres razas de aguacate (Guatemalteca, Antillana y Mexicana). Se encontró que en las primeras siete hojas de la plántulas existen diferencias entre las tres razas para la frecuencia de estomas y de células epidérmicas. Siendo que a partir de la octava hoja cambian sus tendencias, presentándose mayor frecuencia estomática en la raza Mexicana (419.31 estomas·mm⁻² en la hoja 11) seguida de la raza Antillana (360.69 estomas·mm⁻² en la hoja 11) y después la raza Guatemalteca (305.97 estomas·mm⁻² en la hoja 11). En el caso de la frecuencia de células epidérmicas a partir de la octava hoja fueron similares con tendencia a incrementarse. El índice estomático se mantuvo constante en los diferentes niveles de inserción, pero con diferencias entre las tres razas con el siguiente orden; Mexicana>Antillana>Guatemalteca.

Palabras clave: Índice estomático, frecuencia estomática, raza Guatemalteca, raza Antillana y raza Mexicana.

ABSTRACT

It was studied the stomatal frequency, epidermal cells frequency and stomatal index, in the first 11 mature leaves in seedlings of the three avocado races (Guatemalan, West Indian and Mexican). It was found that in the first seven leaves of the seedlings there were found differences among the three races for stomatal frequency and epidermal cells frequency. From the eighth leaf the tendency changes; there was a greater stomatal frequency in the Mexican race (419.31 stomata·mm⁻² in the leaf 11) followed by the West Indian race (360.69 stomata·mm⁻² in the leaf 11) and the Guatemalan race (305.97 stomata·mm⁻² in the leaf 11). The epidermal cells frequency from the eighth leaf in the three races were similar, with a trend to be increased. The stomatal index was maintained constant in the different insertion levels, but with differences among the three races with the following order; Mexican>West Indian>Guatemalan.

Key words: Stomatal index, stomatal frequency, Guatemalan race, West Indian race, Mexican race.

¹Academia de Fruticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. C.P. 56230. Estado de México.

²Programa de Genética, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados, Montecillo. C.P. 56230. México.

³Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 Sur 1103. Col. Santiago, Puebla. C.P. 62160, Estado de Puebla, México.

INTRODUCCION

En las plantas superiores, la función primaria de los estomas es permitir la entrada de bióxido de carbono y controlar la inevitable pérdida de vapor de agua, bajo la cambiante condición ambiental, lo cual es esencial para el funcionamiento de la planta.

El conocimiento acerca de los estomas ha sido obtenido de investigaciones empleando una gran variedad de técnicas. En las hojas de aguacate el número de estomas por unidad de área ha sido objeto de estudio en algunos trabajos, como en los casos de; relaciones filogenéticas (García y Ichicawa, 1979), respuesta a sequía (Macías-González, 1981), relación con el hábito de crecimiento (Barrientos-Pérez y Sánchez-Colín, 1983; Barrientos-Priego y Sánchez-Colín, 1987), poliploidía inducida (Morales-Escobar *et al.*, 1992), y estudios fisiológicos (Blanke, 1992). Se sabe que plantas injertadas de un cultivar dado de 4 meses, 9, 15 y 23 años de edad mantienen su frecuencia estomática (Saavedra, 1993), sin embargo, hasta el momento no se ha cuantificado si existe un gradiente en la frecuencia estomática en el perfil de las plantas derivadas de semilla, lo cual es de importancia para su consideración en estudios fisiológicos o en la distinción entre individuos con fines de selección.

Por lo anterior se planteó como objetivo analizar la frecuencia estomática e índice estomático en el perfil de la plántula de aguacate derivada de semilla de las tres razas de aguacate.

REVISION DE LITERATURA

Ubicación y distribución de los estomas en las hojas de aguacate

De acuerdo a Heisman (1939) los estomas de las hojas de aguacate se encuentran solamente en la superficie abaxial (envés). Lo cual fue confirmado en una población de árboles de aguacate por Macías y Borys (1980).

Los estomas de aguacate de la raza Mexicana se encuentran distribuidos uniformemente en la hoja (Macías y Borys, 1980), lo que fue confirmado por Figueroa y Hernández (1986), y Morales-Escobar *et al.*, (1991) quienes no encontraron diferencias en la parte apical, media y basal de las hojas de aguacate de la raza Antillana y Mexicana, respectivamente.

Número de estomas por área o campo en hojas de aguacate

Kadman (1965) reporta conteo de estomas en plántulas francas de aguacate de 100 a 120 por mm². Figueroa y Hernández (1986) al estudiar el número de estomas en algunos cultivares de la raza Antillana no encontraron diferencias entre éstos, lo mismo indican García (1975) y García e Ichicawa (1979) al no haber encontrado diferencias en

cuanto a densidad estomática entre progenies de 6 meses de edad de las tres razas de aguacate, en otro trabajo, Macías (1981) reporta 561.8 estomas por mm^2 para la raza Antillana y 519.4 por mm^2 para la raza Mexicana en hojas de plantas desarrolladas bajo condiciones adecuadas de humedad de suelo. Por su parte Blanke (1992) indicó que el cv. Fuerte cuenta con 390-510 estomas por mm^2 .

De acuerdo a Macías y Borys (1980) al estudiar el número de estomas por mm^2 en árboles de aguacate, encontraron entre 423 y 688, indicando la posible influencia de las condiciones ambientales en el número de estomas, lo cual fue confirmado al someter plantas de aguacate a -2 y -12 bares de tensión de humedad en el suelo, donde se encontró que el número de estomas bajo esas condiciones fueron de 426.7 y 610 por mm^2 , respectivamente (Macías, 1981).

Barrientos-Pérez y Sánchez-Colín (1983) encontraron densidades estomáticas por campo microscópico (40x12.5x) de; 22.98 para el cv. 'Fuerte' (hábito de crecimiento normal), 21.7 en el cv. 'Hass' (hábito normal), 31.4 para la selección No. 44 (hábito intermedio) y 44.22 en el cv. Colín V-33 (hábito enano). Por otra parte, Barrientos-Priego y Sánchez-Colín (1987) reportan densidades estomáticas por campo microscópico de 40x12.5x en el cv. 'Fuerte' (normal) de 41.10, en el cv. 'Colinmex' (intermedio) de 58.47, y en varias plantas enanas una variación de 74.05 a 85.3 estomas por campo. Por su parte Saavedra (1993) confirmó lo anterior en otros cultivares y selecciones de aguacate.

Morales-Escobar *et al.*, (1992) al aplicar colchicina a concentraciones de 1, 1.5 y 2.0 %, en plántulas de aguacate provenientes de semilla, encontraron diferencias altamente significativas en cuanto a número de estomas que fueron de 262.4, 314.9 y 368.4 por mm^2 , respectivamente.

MATERIALES Y METODOS

Material Vegetal

El material vegetal utilizado fueron plántulas de aguacate de la raza Mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), de la raza Antillana (*Persea americana* var. *americana*) y de la raza Guatemalteca (*Persea americana* var. *guatemalensis*); las cuales se derivaron de semilla que se obtuvo de un solo árbol de cada raza pertenecientes a los Bancos de Germoplasma de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C.

A las semillas se les removió la cubierta seminal y los embriones se colocaron directamente en bolsas de dimensiones 9 x 23 cm con un sustrato de suelo de textura media para su germinación y crecimiento. Previo a lo anterior se trataron las semillas dentro de una solución de benomyl con agua a razón de 1 g.litro⁻¹, lo cual se realizó el 7 de Octubre de 1994.

Planeación y Conducción de la Evaluación

Se utilizaron 3 plantas de cada raza de aguacate, las cuales se dejaron desarrollar libremente para realizar el muestreo en las hojas, cuyo manejo se realizó de acuerdo a la literatura, procurando mantener a las plantas sanas y vigorosas.

El procedimiento que se siguió para obtener la frecuencia de estomas en las hojas, fue de acuerdo a lo reportado por Barrientos-Priego (1986), que básicamente consistió en obtener una película de barniz de uñas transparente con los estomas impresos y montado en un portaobjetos.

Las muestras se obtuvieron de hojas completamente maduras desde la primera que apareció y en las que progresivamente aparecieron. La condición de madurez de la hoja se consideró después de 5 días de removido el barniz ya que al morir la parte donde se aplicó el barniz se presenta en las hojas inmaduras arrugamientos alrededor de la hoja, lo que indica que aún se encuentran en crecimiento las hojas, lo cual no sucede en las hojas maduras. Se realizaron dos muestreos por hoja en la parte central y entre las venas de la hoja, donde se observaron 4 campos de 40x y 10x en cada replica, con la ayuda de un microscopio Zeiss, dando un total de 792 observaciones considerando las primeras 11 hojas de la planta, el área en mm² del campo microscópico se determinó con ayuda de un micrómetro objeto y ocular. Por otra parte se determinó el índice estomático (Salisbury, 1928), que consiste en obtener la frecuencia estomática (FE) y frecuencia de células epidérmica (FCE), y calcular el índice estomático (IE) con la siguiente expresión aritmética: $IF = [FE / (FE + FCE)] \times 100$.

Adicionalmente se cuantificó el área foliar de cada hoja en las plantas con el auxilio de un integrador de área foliar marca LICOR model LI-300

Análisis estadístico:

Se realizó un análisis de varianza en un diseño completamente al azar donde el factor de variación fueron las 3 razas de aguacate y para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey a una $P=0.05$. También se calcularon los errores estándar de las medias de los conteos de estomas para cada raza de acuerdo a los niveles de posición de hoja en la planta.

RESULTADOS

Diferencias entre razas de aguacate

La raza Mexicana presentó la mayor frecuencia estomática la cual fue significativamente mayor que las otras dos, y la raza guatemalteca fue significativamente mayor que la raza Antillana (Cuadro 1). Para frecuencia de células epidérmicas la raza Guatemalteca fue estadísticamente mayor que las otras razas y la raza Mexicana presentó más células epidérmicas que la Antillana (Cuadro 1).

El índice estomático mayor y significativo lo presentó la raza Mexicana, y la raza antillana obtuvo un índice estomático mayor que el de la raza Guatemalteca (Cuadro 1).

En cuanto al área foliar la raza Antillana prácticamente triplicó el área foliar de las otras dos razas, la cual estadísticamente significativa (Cuadro 1), y no se presentaron diferencias entre la raza Mexicana y Guatemalteca.

Cuadro 1. Diferencias entre las tres razas de aguacate en variables estomáticas y área foliar en las primeras once hojas maduras de plántulas derivadas de semilla.

Error! Bookmark not defined. Raza	Frecuencia estomática (estomas·mm⁻²)	Frecuencia de células epidérmicas (células·mm⁻²)	Índice estomático (%)	Área foliar (cm²)
GUATEMALTECA	307.679 b ^z	1247.17 a	20.150 c	28.109 b
ANTILLANA	287.202 c	971.99 c	22.995 b	87.612 a
MEXICANA	365.264 a	1069.01 b	25.561 a	29.288 b

^zValores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P=0.05$.

Diferencias entre niveles en la posición de la hoja y entre razas

La raza Mexicana presentó mayor número de estomas por mm² que las razas Antillana y Guatemalteca (Figura 1) . Esta última le sigue a la primera hasta la séptima hoja donde se iguala con la raza Antillana a partir de ahí presenta mayor número de estomas, que la raza Guatemalteca.

La frecuencia de células epidérmicas fue superior en la raza Guatemalteca desde la primera hasta la séptima hoja (Figura 2) , seguido por la raza Mexicana que superó a su vez a la raza Antillana hasta la sexta hoja y a partir de la cual ambas presentan una frecuencia similar y al nivel de la octava hoja esta similitud se hace coincidente con la frecuencia de la raza Guatemalteca, con una tendencia al incremento.

El índice estomático se mantuvo estable en las tres razas en cuanto al aumento en el nivel de la de hoja, y fueron en casi cada nivel diferentes entre razas (Figura 3). La raza Mexicana presentó mayor índice estomático, seguido de la raza Antillana y la Guatemalteca que mostró el menor índice estomático.

La mayor área foliar la presentó la raza Antillana en todas las hojas, mientras que la raza Guatemalteca y Mexicana presentaron valores semejantes y más bajos (Figura 4). En las tres razas el área foliar tendió a incrementarse inicialmente y a estabilizarse a partir de la hoja 6 para después tendió a incrementarse al final.

DISCUSION

Los niveles de frecuencia estomática obtenidos en este trabajo (200-453 estomas por mm²) coincide con lo reportado por Blanke (1992); Macías y Borys (1980); y Morales-Escobar *et al.*, (1992), sin embargo, no coinciden con los valores de 100 y 120 estomas por mm² reportado por Kadman (1965) y con algunos de los valores altos por arriba de 600 a 688 estomas por mm² mencionados por Macías (1981) y Macías y Borys (1980). esto último puede deberse a que con la cuantificación fue únicamente en 11 hojas las cuales no alcanzaron los niveles de estabilización de su frecuencia estomática, ya que a partir de la hoja 9 comienza un incremento tanto en los estomas como en las células epidérmicas en las tres razas. Por lo que no es posible concluir al respecto, se debe evaluar en otros niveles en el perfil de la planta para poder establecer donde se estabiliza la frecuencia estomática, la cual en cultivares maduros y de diferentes edades ha sido demostrado que se mantiene estable la frecuencia estomática (Saavedra, 1993).

En cuanto a las diferencias encontradas aquí entre las razas hortícolas en cuanto a frecuencia estomática, no coinciden con lo reportado por García (1975) y García e Ichicawa (1979) el cual no encontró diferencias entre razas hortícolas de aguacate, sin embargo, en comunicación personal con García-Velázquez (1995) mencionó que en sus reportes la frecuencia estomática únicamente se cuantificó en la séptima hoja, y en nuestro caso sucede algo interesante en la hoja 7 entre la raza Antillana y Mexicana, que es donde llegan a coincidir los valores, se cruzan y se separan, además en las hojas 6 y 7 son los puntos donde coinciden más cercanamente las tres razas de aguacate (Figura 1), y es donde prácticamente se unen las curvas de la frecuencia de células epidérmicas para seguir una sola tendencia las cuales inicialmente eran sumamente diferentes (Figura 2). Este comportamiento en la frecuencia de células epidérmicas y de los estomas puede estar relacionado con el cambio de función de las hojas al asumir estas el abasto de sustancias para el crecimiento de la planta, función que tienen los cotiledones en las primeras etapas de crecimiento de la planta, que según estimaciones se da al aparecer entre la sexta-octava hoja (Barrientos- Priego *et al.*, 1995)

De acuerdo a los resultados generales (diferencias entre razas; Cuadro 1) se puede suponer que el área foliar puede estar influyendo las frecuencias de estomas y de células epidérmicas, sin embargo para planta y hoja individual no existe ninguna relación.

Finalmente se puede sugerir en forma general que para diferenciar entre individuos la frecuencia estomática fue la más contrastante a partir de la octava hoja, sin embargo ya que el índice estomático se presenta constante a lo largo de las diferentes niveles en la

posición de las hojas y que los rangos de variación fueron menores, es el mejor parámetro para discriminar entre individuos, inclusive desde la primera hoja madura que aparezca, por lo menos al nivel en que se llegó en esta investigación, no así la frecuencia de células epidérmicas que presentó fuertes diferencias inicialmente y que a partir de la octava fueron iguales en las tres razas hortícolas de aguacate.

LITERATURA CITADA

Barrientos-Priego, A. F. 1986. Conteo de estomas para la selección de plantas de aguacate de porte bajo. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, CODAGEM-CICTAMEX. Hoja de Divulgación No. 36.

Barrientos-Pérez, F., and Sánchez-Colín, S., 1983. Height variability obtained from a new dwarf avocado tree population. *Acta Horticulturae* 140: 163-168.

Barrientos-Priego, A. F., and Sánchez-Colín, S., 1987. Stomatal density and its relationship to growth habit in avocado. *South African Avocado Grower's Association Yearbook* 10: 66-67.

Barrientos-Priego, A. F., Morales-Nieto, M. J., Borys, M. W., Martínez-Damián, Ma. T., and Barrientos-Pérez, F. 1995. Response of cotyledon detachment over the development of nursery seedlings of avocado (*Persea americana* Mill.). *Acta Horticulturae* (in print).

Blanke, M. M. 1992. Photosynthesis of avocado fruit. *Proc. of Second World Avocado Congress*. pp. 179-189.

Figueroa, C. y Hernández, M., 1986. Localización, distribución y cuantificación de estomas en aguacate (*Persea americana* Mill.). Programa y Resúmenes del XI Congreso Nacional de Fitogenética. Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara. 25-28 de Agosto 1986. p. 172.

García V., A., 1975. Genetical studies in the genus *Persea* (Lauraceae). Doctoral Thesis, Laboratory of Genetics, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, Japan. 116 pp.

García V., A., and Ichicawa, S., 1979. Cytogenetical studies in the genus *Persea* (Lauraceae). II. A comparative morphological study on 61 strains. *Japan J. Breed.* 29 (1): 66-76.

Heisman, P., 1939. Notes on avocado anatomy. *California Avocado Society Yearbook*: 87-91.

Kadman, A., 1965. Influence of transpiration and some other factors on the uptake, transport and accumulation of chlorine and sodium in avocado seedlings. Proceedings of the Symposium on the Use of Isotopes and Radiation in Soil Plant Nutrition Studies, June 28 - July 2 1965, Ankara, Turkey. International Atomic Energy Agency. Viena, Austria. pp.539-562.

Macías G., J. L., 1981. Respuesta de dos razas de aguacate (*Persea americana* Mill.) a tres regímenes de riego. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México. 124 pp.

Morales-Escobar, L., Barrientos-Priego, A. F., Barrientos-Pérez, F., y Martínez-Damián, Ma. T., 1992. Obtención de poliploides en aguacate (*Persea americana* Mill.) mediante el uso de colchicina. Memoria 1992 de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, Edo. de México. Noviembre 1992. pp. 89-96.

Saavedra G., C. 1993. Determinación de índices para selección hacia porte bajo en aguacate. Memoria 1993 de la Fundación Salvador Sánchez Colín- CICTAMEX, S. C. Coatepec Harinas, Edo.de México. Diciembre 1993. pp. 129-137.

Salisbury, E. J. 1928. On the causes and ecological significance of stomatal frequency with special reference to woodland flora. Philosophical Transactions of the Royal Society 216: 1-65.

***** Se incertaràn gráficas

Se incertaràn gráficas

Se incertarán gráficas

Se incertarán gráficas
