

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA ANATOMÍA FOLIAR DE CUATRO FENOTIPOS DE *Psidium guajava* L. (MIRTACEAE), “GUAYABA”
 [Preliminary analysis of leaf anatomy of four phenotypes of *Psidium guajava* L. (Myrtaceae), “guayaba”]

ALICIA I. CALABRONI¹; MARTA VAZQUEZ²; LILIAN CANEPA³ & VÍCTOR GODOY⁴

¹Titular de Morfología Vegetal FRN y FH UNaF, ²Alumna profesorado en Biología FH; ³JTP de Morfología Vegetal FRN; ⁴Alumno profesorado en Biología FH
 aliciainescalabroni@gmail.com

RESUMEN: En este trabajo se comparó la anatomía foliar de cuatro fenotipos de *P. guajava* crecidas en Formosa, 26°11'06"S y 58°10'31"W para diferenciar variedades en estado vegetativo, con frutos: amarillos pulpa roja y epicarpio liso (GRl); amarillos pulpa roja y epicarpio rugoso (GRr); amarillos pulpa blanca (GB) y amarillos pulpa amarilla pálida (GM). Las hojas presentaron epidermis adaxial estratificada, con cutícula gruesa, en GRl y GRr, más delgada en GB y GM. Estomas paracíticos, elevados; cavidades lisígenas en epidermis adaxial, abaxial y mesófilo; tricomas unicelulares eglandulares en epidermis abaxial; mesófilo isolateral compacto, con células rectangulares largas en contacto con epidermis adaxial y más cortas hacia epidermis abaxial; haz vascular central bicolateral con xilema central y floema adaxial y abaxial en GRl, GRr y GM; en GB colateral con xilema adaxial y floema abaxial; en todos los casos con vaina fibrosa perivascular; rodeando al haz vascular parénquima colenquimatoso, con cavidades lisígenas e idioblastos cristalinos. El ANOVA determinó variación morfo-anatómica foliar entre hojas del mismo fenotipo y entre fenotipos. Con diferencias significativas ($p < 0,005$) para: espesor epidermis adaxial, perímetro cavidades lisígenas, espesor mesófilo y longitud pelos epidermis abaxial. No significativas para espesor epidermis abaxial y tamaño drusas. Estas diferencias podrían derivarse de factores ambientales, interacción o genéticos.

Palabras clave: *Psidium guajava*, anatomía foliar, caracterización.

SUMMARY: This study compared the foliar anatomy of four *P. guajava* phenotypes grown in Formosa, 26°11'06"S y 58°10'31"W, to differentiate varieties in a vegetative state, with fruits: yellow and red pulp pericarp smooth (GRl), yellow red pulp pericarp rough (GRr), yellow white flesh (GB) yellow and pale yellow flesh (GM). The leaves had adaxial stratified epidermis with thick cuticle, in GRl and GRr, thinner in GB and GM. Paracytic stomata, elevated; lisigenous cavities in adaxial, abaxial epidermis and mesophyll; unicellular eglandular trichomes on abaxial epidermis, mesophyll isolateral or compact with long rectangular cell contact and shorter adaxial epidermis toward abaxial epidermis, vascular bundle bicolateral center with central xylem adaxial and

Manuscrito recibido: 6 de agosto de 2013

Manuscrito aceptado: 5 de noviembre de 2013

abaxial phloem in GRl, GRr and GM, in GB is collateral with adaxial xylem and abaxial phloem, in all cases with perivascular fibrous sheath, surrounding the vascular bundle parenchyma colenchymatous with lisígenas cavities and crystalline idioblasts. The ANOVA determined morphological anatomical variation between leaves of the same phenotype and between phenotypes. With significant differences ($p < 0.005$) to: adaxial epidermis thickness, perimeter lisígenas cavities, mesophyll thickness and hair length abaxial epidermis. No significant thickness of abaxial epidermis and drusen size. These differences could arise from environmental, or genetic interaction.

Keywords: *Psidium guajava*, leaf anatomy, characterization.

INTRODUCCIÓN

Psidium guajava L., sinónimos: *Psidium guava* Raddi ex Griseb., *Psidium guayaba* Raddi, *Psidium igatemyense* Barb. Rodr., *Psidium pyriferum* L., especie nativa de la flora Argentina, pertenece a la familia Myrtaceae. Wilson *et al.*, (2005) reconocen 2 subfamilias, Psiloxylloideae (Croizat) Schmid y Myrtoideae Sweet. Estos autores sobre la base de estudios morfológicos y moleculares, propusieron para la subfamilia Myrtoideae Sweet. 17 tribus. Afirman que en Argentina solo habitan las tribus Metrosidereae (Benth.) Wilson y Myrteae DC., esta última está presente con 18 géneros. Lucas, *et al.*, (2007) informaron que las especies sudamericanas de Myrteae DC. [excluyendo *Blepharocalis salicifolius* (Kunth) O. Berg.], conforman 2 clados; uno formado por los grupos “Myrteola”, “Eugenia” y “Pimenta” y el otro por “Plinia”, “Myrcia” y “Myrceugenia. González, (2011), en estudios de arquitectura foliar de Mirtáceas Argentinas, que incluyen tipo de venación, configuración marginal, forma de la hoja y posición de las glándulas, reconoció su utilidad en taxonomía y sistemática; confirma además que el área de distribución de *P. guajava* comprende las Provincias Argentinas de Chaco, Corrientes, Formosa, Jujuy, Misiones, Salta y Tucumán, también Bolivia, Brasil, Paraguay y México. Prakash, *et al.*, (2002) informaron que *P. guajava* es una especie de gran atención a nivel mundial debido al potencial que representa, por su productividad, adaptabilidad a condiciones tropicales, alto contenido de vitamina C, pectinas y otros componentes minerales. Según Lozano *et al.*, (2002), el aroma termoestable y las propiedades nutricionales son superiores a las de otros cultivos, sostienen que es una especie alógama que se cruza naturalmente. Barroso *et al.* (1984) sugirieron que otras herramientas botánicas diferentes al examen floral, como el análisis de las características anatómicas pueden ayudar a la identificación de especies. En este sentido y con la finalidad de identificar material sin flores, Khatijah *et al.*, (1992), analizaron la anatomía de la hoja y el peciolo en 25 especies de *Eugenia*, un género importante dentro de las Mirtáceas. Gomes *et al.*, (2009), en especies de Mirtáceas señalaron la importancia de las caracterizaciones anatómicas foliares, como valiosos aportes para análisis comparativos más amplios entre taxones. La diversidad morfológica de guayabas que crecen espontáneamente en Formosa, Argentina, constituye un valioso material biológico. En este trabajo se describen las características morfo-anatómicas foliares de cuatro fenotipos de *P. guajava*, provenientes de poblaciones nativas existentes en áreas urbanas del Departamento Formosa (Formosa),

26°11'06"S y 58°10'31"W y su relación con la variabilidad observada en la forma, color y textura de los frutos.

El propósito es encontrar variables morfo-anatómicas en la estructura foliar de plantas de *P. guajava* con diferentes tipos de frutos, todos comestibles, crecidas en ambientes mesofíticos, que contribuyan a distinguir variedades de la especie en estado vegetativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

En el gabinete de Morfología Vegetal de la UNaF se evaluaron hojas adultas de cuatro fenotipos de *P. guajava*: a) con frutos amarillos de epicarpio rugoso y pulpa roja (GRr); b) con frutos amarillos de epicarpio liso y pulpa roja (GRl); c) con frutos amarillos de pulpa blanca (GB) y d) con frutos amarillos de pulpa amarilla pálida (GM), todos provenientes de semilla, colectadas en el Dpto. Formosa, Argentina, ubicado al Este de la provincia del mismo nombre, cuyo clima es cálido subtropical húmedo, temperatura media anual de 22° C con extremas de hasta 45°C en verano y precipitaciones abundantes durante todo el año, superiores a los 1.000 milímetros anuales.

Evaluación de caracteres morfológicos

Para cada fenotipo se seleccionaron 5 hojas adultas totalmente expandidas, sanas, de plantas de más de 10 años de edad, crecidas espontáneamente en áreas urbanas. Se trabajó con material fresco y fijado en FAA (5 partes de formaldehído: 5 partes de ácido acético: 90 partes de alcohol etílico al 50%). Los cortes se efectuaron con hoja de rasurar a mano alzada, a nivel del tercio medio de las láminas foliares. Algunos fueron decolorados con hipoclorito de sodio 50%, lavados y coloreados con Safranina Astra Blue (Luque, *et al.*, 1996). La epidermis se obtuvo por raspado de la cara adaxial y abaxial de la lámina foliar. Se utilizó un microscopio trinocular línea XSZ 100BNT con cámara fotográfica de 1.3 Mega Cmos. softwareTSView versión 6.2.4.5. Se tomaron fotografías y realizaron mediciones de las diferentes estructuras observadas utilizando un aumento de 400x. Las mediciones y los valores corresponden al promedio de 50 mediciones realizadas para cada variable en 5 hojas seleccionadas para cada fenotipo. Se determinó el espesor de la epidermis adaxial y abaxial, perímetro de las cavidades lisígenas, espesor del mesófilo, perímetro de las drusas y longitud de los pelos o tricomas en la epidermis abaxial. A fin de estimar el grado de significación de las diferencias de los promedios de cada una de las variables estudiadas, entre las diferentes hojas de un mismo fenotipo y entre los 4 fenotipos, dichos promedios fueron comparados mediante el análisis de la varianza (ANOVA) a un nivel de significación del 5%. En los casos que se observaron diferencias significativas entre las variables evaluadas se procedió a realizar el test de Duncan (Snedecor, 1964).

El material herborizado se encuentra depositado en la cátedra Morfología Vegetal de las Facultades de Humanidades y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional de Formosa.

RESULTADOS

Características morfo-anatómicas foliares de guayaba con frutos amarillos de pulpa roja y epicarpio rugoso Grr

Hoja trapezoide, de color verde las maduras y pardo rojizo opaco las inmaduras; pecíolo de 1cm de longitud ligeramente acanalado y pubescente, lámina de 13,3cm de longitud x 7,5cm de ancho.

La lámina foliar presentó un grosor de 872,27 μ m en corte transversal. La epidermis adaxial estratificada con cuatro capas de células ovaladas a rectangulares, de grosor variable, con cutícula de considerable grosor. En vista superficial las células son poliédricas, de tamaño irregular. Ausencia de estomas y de tricomas. Numerosos idioblastos con cristales de oxalato de calcio: drusas en cadena y solitarias, presencia de cristales tetraédricos. Cavidades lisígenas, con aceites esenciales en forma de gotas.

Epidermis abaxial simple, provista de tricomas eglandulares, unicelulares. Estomas elevados por sobre las demás células epidérmicas, en forma de mamelón, disposición desordenada, paracíticos con 2 células anexas, diferentes a las epidérmicas típicas. En transcortes de lámina, el mesófilo es de estructura isolateral o equifacial compacta con hasta 6 capas de parénquima en empalizada, con células largas en contacto con la epidermis adaxial y más cortas hacia la epidermis abaxial. Presencia de cristales de oxalato de calcio en forma de drusas y tetraédricos, incluidos en el mesófilo y en el tejido epidérmico. Numerosas cavidades lisígenas ubicadas en el mesófilo y en capas próximas a la epidermis abaxial (**Fig. 1**). El haz vascular de la nervadura central de la hoja es bicolateral con xilema central rodeado por floema externo e interno; una vaina perivascular de fibras refuerza tanto el lado abaxial como adaxial del haz. Por fuera de esta vaina se observa parénquima colenquimatoso formado por células isodiamétricas, las de la cara adaxial con idioblastos con depósito de cristales en forma de drusas. Los valores promedio para cada variable se encuentran detallados en la **Tabla 1**.

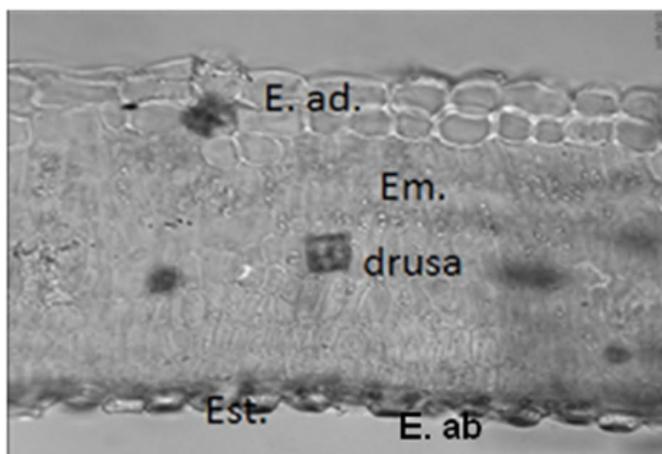


Fig. 1. *P. guajava* L. (Grr), “guayaba roja rugosa”. Transcorte de hoja. Detalles de la epidermis adaxial pluriestratificada (E.ad.), empalizada (Em.) con drusas; estomas (Est.) en forma de mamelón en la epidermis abaxial (E.ab.). 400X. Escala=29,62 μ m.

Tabla 1: Resultados hallados para la variedad guayaba de frutos amarillos con pulpa roja y epicarpio rugoso (GRr).

Individuo	Hoja	Epid. Sup.(μm)	Cav. Lisí g.(μm)	Mesófilo(μm)	Pelos epid inferior(μm)	Epid. inferior(μm)	Drusas(μm)
GRr	1	155,87 ^{ab} ±20,16 125,67-195,45	555,51 ^{ab} ±57,42 502,05-678,58	477,35 ^b ±37,80 413,36-523,62	434,19 ^{ab} ±66,45 337,00-553,92	43,16±5,99 35,13-49,65	262,66 ^{ab} ±61,49 169,65-376,99
	2	141,04 ^a ±46,00 17,58-179,56	516,50 ^a ±112,68 406,20-716,28	394,24 ^a ±23,17 372,66-436,66	310,02 ^a ±37,93 209,10-344,09	42,08 ^a ±2,96 37,10-46,20	268,95 ^{ab} ±54,52 206,78-357,00
	3	176,13 ^b ±18,18 152,76-210,05	639,80 ^b ±82,52 502,65-747,70	506,67 ^c ±8,88 491,44-522,08	607,64 ^{cd} ±244,27 275,21-986,60	41,05 ^a ±3,88 33,97-46,09	291,38^b±71,42 213,63-383,27
	4	236,44^f±9,16 226,56-250,50	782,09^e±90,42 540,35-867,08	534,19^d±17,34 507,01-559,31	754,03^d±219,98 514,19-281,06	50,51^b±5,53 43,41-63,28	241,28 ^{ab} ±37,95 194,78-295,31
	5	240,10 ^a ±30,04 184,39-299,70	609,36 ^{ab} ±156,99 389,56-942,48	504,27 ^a ±14,18 482,96-524,24	561,07 ^{bc} ±211,52 41,50-741,40	49,56 ^b ±9,03 33,10-68,26	222,42 ^a ±40,30 169,65-270,18
<i>F</i>		27,42 ???	9,36 ???	56,65 ???	9,04 ???	5,69 ???	2,35 ???
<i>P</i>		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0009	0,0689

Se hallaron diferencias altamente significativas y significativas en todas las variables analizadas dentro de las cinco hojas. La hoja 4 es la que presenta los mayores promedios en cuanto a espesor de la epidermis adaxial, perímetro de cavidades lisígenas, espesor del mesófilo, longitud de los pelos y espesor de la epidermis abaxial, excepto para la variable drusas. Para esta variable, la hoja 3 presentó los mayores valores.

Características morfo-anatómicas foliares de guayaba con frutos amarillos de pulpa roja y epicarpio liso (Grl)

Hoja trapecoidal, de color verde claro las maduras y pardo rojizo opaco las inmaduras; pecíolo de 0,5cm de longitud ligeramente acanalado y pubescente, lámina de 8,5cm de longitud x 5,3cm de ancho.

La lámina foliar presentó un grosor de 812,07 μm en corte transversal. La epidermis adaxial estratificada con cuatro a cinco capas de células ovaladas a rectangulares, externamente cutícula de considerable grosor. En vista superficial presenta células poliédricas de tamaño irregular. Ausencia de estomas y escasos tricomas ubicados sobre la nervadura central. Numerosos idioblastos con cristales de oxalato de calcio: drusas en cadena y solitarias y cristales tetraédricos. Cavidades lisígenas, provistas de aceites esenciales en forma de gotas. Epidermis abaxial simple provista de tricomas glandulares, unicelulares, estomas elevados, en forma de mamelón, disposición desordenada, paracíticos con 2 células anexas, de forma diferente a las epidérmicas típicas. En transcortes de lámina foliar, el mesófilo es de estructura isolateral compacta con hasta 7 capas de parénquima empalizada, con células largas en contacto con la epidermis adaxial y más cortas hacia la epidermis abaxial. Presencia de drusas y cristales tetraédricos de oxalato de calcio. Numerosas cavidades lisígenas ubicadas en capas próximas a la epidermis abaxial (**Fig. 2**). El haz vascular de la nervadura central de la hoja es biclateral con xilema central rodeado por floema externo e interno; una vaina perivascular de fibras refuerza tanto el lado abaxial como adaxial del haz. El parénquima colenquimatoso, formado por células isodiamétricas que rodea al haz vascular contiene idioblastos con depósito de drusas, en la cara abaxial.

Los valores promedio para cada variable se encuentran detallados en la **Tabla 2**.

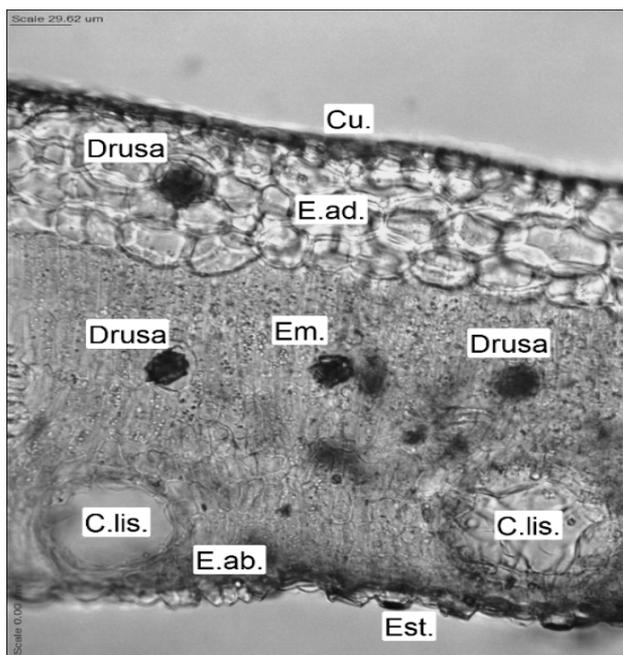


Fig. 2. . *P. guajava* L. (GRI) “guayaba roja lisa” Transcorte de hoja. Detalles de la epidermis adaxial pluriestratificada (E.ad.) con cutícula (Cu.) y mesófilo empalizada (Em.) con cavidades lisígenas (C.lis.), drusas en la epidermis adaxial y en el mesófilo. Epidermis abaxial (E. ab.) con estomas elevados (Est.) 400X. Escala = 29,62μ.

Tabla 2 Resultados obtenidos para la variedad guayaba de frutos amarillos con pulpa roja y epicarpio liso (GRI).

Individuo	Hoja	Epid. Sup.(μm)	Cav. Lisig.(μm)	Mesófilo(μm)	Pelos epid. Inf(μm)	Epid.Inf(μm)	Drusas(μm)
GRI	1	288,09 ^a ±60,65	713,78^b± 81,37	525,22 [±] 42,41	343,89 ^b ±34,64	54,34 ^a ± 10,80	309,43 ^b ±46,74
		193,16-362,07	540,45-810,53	426,06-578,94	279,24-385,49	38,47- 69,70	238,76-383,27
	2	472,81^{ab}±156,39	629,14 ^{bc} ±111,89	629,14^a±111,89	238,57 ^a ± 72,21	43,30 ^a ±10,02	318,90 ^a ±74,86
		35,01-562,71	446,11-823,10	446,11-823,10	155,07-389,41	20,02-55,21	207,35-458,42
	3	267,83 ^b ±35,06	637,37 ^{bc} ±115,37	483,45 [±] 33,15	448,59 [±] 127,02	598,84^a±1753,73	3264,71^a±9449,77
		231,65-333,81	420,97-816,81	415,23-529,56	268,51-670,37	36,06-5590,00	213,63-30159,00
	4	263,24 ^{ab} ± 26,86	608,82 ^{ab} ± 71,28	514,62 [±] 47,93	426,82 ^{bc} ± 91,71	48,50 ^a ±8,09	242,53 ^a ±67,75
		218,04-301,09	502,08-735,13	416,08-605,16	302,96-609,56	35,12-58,03	144,51-370,71
	5	231,07 ^a ±25,27	538,40 [±] 68,22	457,03 [±] 61,07	469,43^a±115,83	39,92 [±] 14,27	287,43 ^a ±26,47
		174,00-261,01	477,52-702,57	333,01-513,37	316,19-609,45	4,44-54,37	257,61-345,58
<i>F</i>		3,77 ???	4,69???	1,22 NS	10,16???	0,99 NS	0,99NS
<i>P</i>		0,0100	0,0030	0,3139	0,0001	0,4216	0,4219

Para la variedad guayaba roja lisa solo se hallaron diferencias altamente significativas y significativas ($p < 0,005$) en las variables epidermis adaxial, cavidades lisígenas y pelos en la epidermis abaxial. En la hoja 2 se observa mayor espesor en la epidermis adaxial y en el mesófilo. En la hoja 3 se observa mayor espesor en la epidermis abaxial y drusas de mayor tamaño. La hoja 1 presenta cavidades lisígenas de mayor perímetro y la hoja 5 pelos epidérmicos de mayor longitud.

Características morfo-anatómicas foliares de guayaba con frutos amarillos de pulpa blanca (GB)

Hoja elíptica, de color verde claro las maduras y del mismo color las inmaduras, de margen recto; pecíolo de 0,8cm de longitud muy acanalado y pubescente, lámina de 11,2cm de longitud x 5,5cm de ancho.

La lámina foliar presentó un grosor de 662,16 μ m en corte transversal. Epidermis adaxial estratificada con tres a cuatro capas de células ovaladas a rectangulares, la pared externa cutinizada, delgada y lisa. En vista superficial presenta células poliédricas de tamaño irregular. Ausencia de estomas y escasos tricomas cortos ubicados sobre la nervadura central. Idioblastos con cristales de oxalato de calcio: drusas solitarias y cristales tetraédricos. Cavidades lisígenas provistas de aceites esenciales en forma de gotas. Epidermis abaxial simple, provista de tricomas eglandulares, unicelulares. Estomas elevados, en forma de mamelón, disposición desordenada, paracíticos, con dos células anexas de forma diferente a las epidérmicas típicas. En transcortes de lámina foliar, el mesófilo es de estructura isolateral compacta con hasta 9 capas de parénquima empalizada, con células largas en contacto con la epidermis adaxial y más cortas hacia la epidermis abaxial. Presencia de drusas y cristales tetraédricos de oxalato de calcio. Presencia de cavidades lisígenas ubicadas en capas próximas a la epidermis abaxial (**Fig. 3**). El haz vascular de la nervadura central de la hoja es colateral con xilema orientado hacia la cara adaxial y floema hacia la cara abaxial; una vaina perivascular voluminosa de fibras rodea al haz. El parénquima colenquimatoso formado por células isodiamétricas acompaña al haz vascular en la cara abaxial, está provisto de cavidades lisígenas e idioblastos con drusas.

Los valores promedio para cada variable se encuentran detallados en la **Tabla 3**.

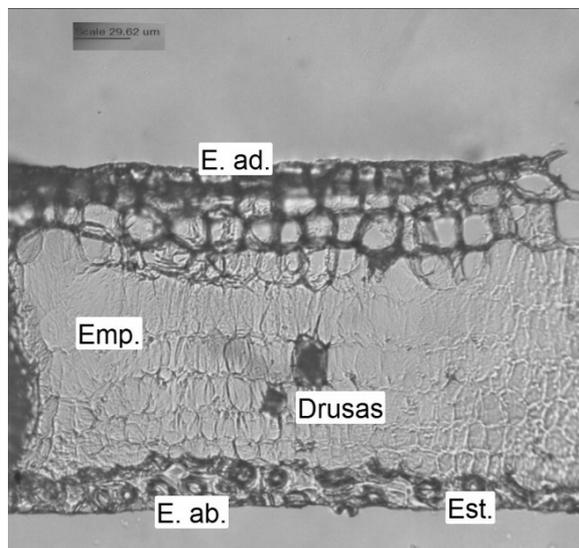


Fig. 3 . *P. guajava* L. (GB) “guayaba blanca”. Transcorte de hoja. Detalles de la epidermis adaxial pluriestratificada (E.ad.) y mesófilo empalizada (Em.) conidioblastos cristalinos (drusas), Epidermis abaxial (E. ab.) con estomas elevados (Est.). 400X. Escala = 29,62 μ m.

Tabla 3 Resultados obtenidos para la variedad guayaba de frutos amarillos con pulpa blanca (GB).

Individuo	Hoja	Epid. Sup. (μm)	Cav. Lisíg (μm)	Mesófilo (μm)	Pelos epid.inf. (μm)	Epid.inf. (μm)	Drusas (μm)
GB	1	118,46 ^a ± 23,45 85,70-150,43	493,80 ^a ± 46,27 402,12-571,77	447,86 ^b ± 56,66 360,18-514,21	200,39 ^a ± 65,53 129,10-378,00	38,65 ^a ± 4,05 32,20-44,20	189,44 ^{ab} ± 43,93 109,99-251,33
	2	142,67 ^{ab} ± 43,45 96,43-215,56	592,80 ^{ab} ± 74,54 450,90-684,87	392,43 ^b ± 30,36 308,09-411,33	333,13 ^b ± 103,87 210,70-500,01	37,47 ^a ± 2,88 34,12-42,72	228,76 ^b ± 43,99 157,00-307,88
	3	259,46^d ± 35,71 226,62-310,62	511,94 ^{ab} ± 111,19 309,60-653,45	470,50^b ± 53,47 423,76-572,89	454,95^c ± 34,35 410,25-517,09	42,65^b ± 3,49 36,66-46,70	197,82^b ± 41,48 150,28-295,31
	4	159,75 ^b ± 10,10 138,65-170,51	456,48 ^a ± 128,30 251,33-666,02	376,56 ^b ± 31,45 335,33-419,38	415,82 ^c ± 21,61 397,82-448,63	35,19 ^a ± 2,25 31,58-39,00	192,77 ^{ab} ± 95,86 112,11-326,73
	5	225,43 ^c ± 47,36 178,39-294,82	608,32^c ± 100,17 471,24-760,27	377,77 ^b ± 32,74 346,20-458,75	469,20 ^c ± 64,19 354,08-531,69	37,93 ^a ± 6,71 22,02-44,41	133,83 ^c ± 75,46 56,55-263,89
<i>F</i>		28,80***	4,59***	10,37***	29,48***	4,24***	2,88***
<i>P</i>		0,0001	0,0034	0,0001	0,0001	0,0054	0,0331

Se encontraron diferencias altamente significativas y significativas entre todas las variables evaluadas ($p < 0,005$). La hoja 3 posee mayor espesor de epidermis adaxial y abaxial, de mesófilo y de drusas; en la hoja 5 se observaron las cavidades lisígenas de mayor tamaño con respecto a las otras hojas del mismo fenotipo.

Características morfo-anatómicas foliares de guayaba con frutos amarillos de pulpa amarilla pálida (GM)

Hoja elíptica de margen ondulado, de color verde brillante las maduras y pardo rojizo brillante las inmaduras; pecíolo de 0,7cm de longitud ligeramente acanalado y pubescente, lámina de 10,7cm de longitud x 5,4cm de ancho.

La lámina foliar presentó un grosor de 694,40 μm en corte transversal. La epidermis adaxial estratificada con cuatro capas de células ovaladas a rectangulares, de grosor variable, la pared externa cutinizada y delgada. En vista superficial presenta células poliédricas de tamaño irregular. Ausencia de estomas y escasos tricomas sobre las nervaduras. Presencia de idioblastos con cristales de oxalato de calcio: drusas en cadena y solitarias. Cavidades lisígenas, con aceites esenciales en forma de gotas.

Epidermis abaxial simple, provista de tricomas eglandulares, unicelulares. Estomas elevados por sobre las demás células epidérmicas, con forma de mamelón, disposición desordenada, paracíticos con 2 células anexas, diferentes a las epidérmicas típicas. En transcortes de lámina, el mesófilo es de estructura isolateral compacta con hasta 6 capas de parénquima en empalizada, con células largas en contacto con la epidermis adaxial y más cortas hacia la epidermis abaxial. Presencia de cristales de oxalato de calcio en forma de drusas y tetraédricos, incluidos en el mesófilo. Presencia de cavidades lisígenas (**Fig. 4**). El haz vascular de la nervadura central de la hoja es biclateral con xilema central rodeado por floema externo e interno; una vaina perivascular de fibras refuerza la cara abaxial del haz. El parénquima colenquimatoso que rodea al haz vascular está formado por células isodiamétricas, contiene cavidades lisígenas e idioblastos con escasas drusas.

Los valores promedio para cada variable se encuentran detallados en la **Tabla 4**.

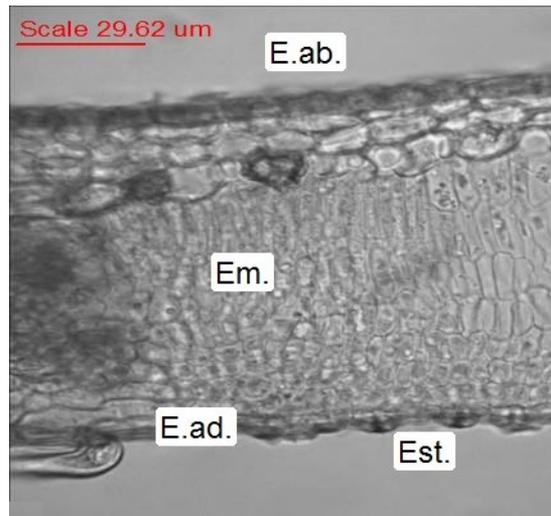


Fig. 4. *P. guajava* L. (GM) “guayaba del monte”. Transcorte de hoja. Detalles de la epidermis adaxial pluriestratificada (E.ad.) con drusas, mesófilo empalizada (Em.) y estomas (Est.) elevados en forma de mamelón en epidermis abaxial (E.ab.). 400X. Escala=29.62μm.

Tabla 4: Resultados obtenidos para la variedad guayaba de frutos amarillos con pulpa amarilla pálida (GM).

Individuo	Hoja	Epid. Sup.(μ)	Cav. Lisig.(μm)	Mesófilo(μm)	Pelos epid. inf(μm)	Epid. Inf.(μm)	Drusas(μm)
GM	1	223,40 ^a ±43,21	527,92 ^a ± 76,28	469,47 ^a ±35,98	373,56 ^a ±54,75	42,96 ^a ±6,68	232,00 ^a ± 56,47
		175,07-274,11	420,10-653,45	402,99-514,47	306,20-447,89	36,05-52,30	169,65-314,16
	2	233,02 ^b ± 37,34	564,90 ^b ±52,88	566,83^b± 44,49	356,71 ^b ± 44,07	43,08 ^b ± 4,03	221,65 ^b ± 51,96
		178,75-270,51	499,88-633,22	505,92-618,93	287,51-403,33	37,82-48,83	182,21-358,14
	3	184,01 ^c ±23,54	572,41 ^a ±66,28	501,59 ^{ab} ± 58,62	448,54 ^b ±222,74	46,73^b± 7,04	225,90 ^b ±48,17
		156,98-211,29	502,65- 722,57	402,99-557,10	302,33-897,00	42,01-65,80	182,21-307,88
	4	255,81 ^c ± 36,89	752,57^b±105,64	532,78 ^b ± 42,69	462,31^c±100,76	42,36 ^c ± 4,20	274,97^b± 69,75
		202,29-328,00	650,20-929,91	465,50-596,18	346,88-638,22	34,06-47,43	182,21-389,56
	5	258,25^c± 21,54	545,90 ^b ±261,85	518,08 ^b ± 17,36	374,64 ^b ±96,28	42,91 ^a ± 4,51	255,26 ^b ±4,51
		224,08-289,66	410,56-1269,20	486,23-541,82	202,20-475,70	35,06-48,10	35,06-48,10
<i>F</i>		8,04 ???	4,47 ???	7,40 ???	1,59 NS	1,05NS	1,70NS
<i>P</i>		0,0001	0,0040	0,0001	0,1936	0,3912	0,1677

En la **Tabla 4** se observan diferencias altamente significativas para las variables epidermis adaxial, cavidades lisígenas y mesófilo, mientras que para pelos o tricomas, espesor de epidermis abaxial, y cristales en forma de drusas no se observan diferencias significativas.

Variación morfo-anatómica foliar entre los cuatro fenotipos estudiados

Como se observa en las **Tablas 1, 2, 3 y 4**, existe variación entre los caracteres evaluados entre las 5 hojas de un mismo fenotipo. A fin de determinar la existencia de variación en la morfo-anatomía foliar entre los 4 fenotipos estudiados, se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA) a un criterio de clasificación. Los resultados se observan en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Caracteres foliares de 4 fenotipos de *P. guajava* L. Promedio, desvío estándar y valor mínimo y máximo.

Individuo	Epid. sup. (μm)	Cav. Lisig. (μm)	Mesófilo (μm)	Pelos epid. inf. (μm)	Epid. inf. (μm)	Drusas (μm)
GB	181,15 ^a ±62,95 85,70-310,62	532,67 ^a ±109,72 251,33-760,27	413,02 ^a ±56,53 308,09-572,89	374,70 ^a ±117,75 129,10-531,69	38,38 ^a ±4,69 22,02-46,70	188,52 ^a ±68,72 56,55-326,73
GM	230,90 ^b ±42,15 156,98-328,00	592,74 ^b ±154,25 410,56-1269,20	517,75 ^b ±51,86 402,99-618,93	403,15 ^a ±124,52 202,20-897,00	43,61 ^b ±5,46 34,06-65,80	241,96 ^b ±56,33 169,65-389,56
GRI	257,90 ^c ±41,37 174,00-362,07	625,50 ^b ±104,77 420,97-823,10	490,63 ^b ±82,46 35,01-605,16	385,46 ^a ±124,53 155,07-670,37	156,98 ^a ±784,10 4,44-5590,00	884,60 ^a ±4224,92 144,51-30159,00
GRr	189,92 ^d ±49,23 17,58-299,70	620,65 ^b ±136,81 389,56-942,48	483,34 ^b ±53,14 372,66-559,31	533,39 ^b ±229,24 41,50-1281,06	45,27 ^b ±6,90 33,10-68,26	257,34 ^b ±57,55 169,65-383,27
F	26,12 ^{???}	5,56 ^{???}	25,69 ^{???}	11,16 ^{???}	1,07 NS	1,21 NS
P	0,0001	0,0011	0,0001	0,0001	0,3630	0,3066

En la **Tabla 5** se puede observar que para las variables: espesor de la epidermis adaxial, perímetro de las cavidades lisígenas, espesor del mesófilo y longitud de los pelos de la epidermis abaxial, existen diferencias altamente significativas y significativas ($p < 0,005$). Sin embargo para el espesor de la epidermis abaxial y tamaño de los cristales en forma de drusas, la variación no es significativa.

DISCUSIÓN

El término mesófito se utiliza para indicar a plantas intermedias entre los xerófitos y los hidrófitos y que viven en climas moderadamente húmedos. Tienen hojas dorsiventrales con el mesófilo diferenciado en parénquima empalizada y parénquima esponjoso, con tendencia a proporción semejante entre uno y otro. Generalmente son tiernas, lampiñas y con estomas levantados hasta el nivel de la epidermis. (Strasburger, 1994).

Al estudiar la morfo-anatomía foliar de 4 fenotipos de *P. guajava* crecidas en un ambiente mesofítico, tomando como referencia las características analizadas en este trabajo, se afirma que todas presentan epidermis adaxial estratificada con hasta cinco capas de células, con cutícula de apreciable grosor, en GRI y GRr, más delgada en GB y GM. Estomas paracíticos, elevados, en posición abaxial, determinando hojas hipostomáticas; cavidades lisígenas en la superficie adaxial, abaxial y en el mesófilo; tricomas unicelulares eglandulares en epidermis abaxial; mesófilo isolateral o equifacial compacto, con células rectangulares largas en contacto con epidermis adaxial y más cortas hacia epidermis abaxial; haz vascular central bicolateral con xilema central y floema adaxial y abaxial en GRI, GRr y GM; en GB es colateral con xilema adaxial y floema abaxial; en todos los casos con vaina perivascular de fibras; por fuera, un parénquima colenquimatoso, con cavidades lisígenas e idioblastos cristalinos, rodea al haz. Idioblastos con cristales: drusas, hexagonales y prismáticos en el tejido epidérmico, en el mesófilo y en el parénquima colenquimatoso que rodea al haz vascular de la vena media. Estas características coinciden en parte con las observadas por Rivero-Maldonado *et al.* (2011) quienes reportaron para *P. guajava* y *P. guineense*, epidermis uniestratificada con células de contornos ovalados a rectangulares en ambas superficies y estrato subepidérmico adaxial de dos a cuatro capas de células, lo que

sería equivalente a una epidermis adaxial pluriestratificada. Sin embargo, los resultados hallados en este trabajo para las cuatro variedades de *P. guajava* con referencia a la estructura del mesófilo isolateral o equifacial, no coincide con lo informado por el citado autor, quien reporta la presencia de un mesófilo dorsiventral, con parénquima empalizada conformado por dos a tres estratos celulares y una amplia sección de parénquima esponjoso comprendiendo cuatro a cinco filas de células de forma alargada, con disposición irregular y reducidos espacios intercelulares. Según Fahn, (1985); Kummerov, (1973) ; Daubenmire, (1974); la presencia de una estructura mesofilar compacta indica una gran actividad fotosintética debido a la fuerte radiación que recibe la hoja en ambas caras y es una clara adaptación que le permite sobrevivir a las inclemencias del medio árido. En plantas de lugares muy soleados se encuentran hojas equifaciales, cuyas caras tienen la misma constitución. (Strasburger, 2006). Gomes, (2009) reportó la presencia de mesófilo isolateral o equifacial para especies de Mirtáceas más basales filogenéticamente, tales como: *Eucaliptus*, *Callistemon* y *Leptospermum*. El mencionado autor, propone como caracteres útiles para la taxonomía de la familia Mirtáceas: la forma de las células de la epidermis, tricomas dibraquiados o no; la forma de la nervadura media, forma y número de células de glándulas foliares y número de estratos celulares subepidérmicos. A estos rasgos, Torres, *et al.*, (2004) agregan la presencia de esclereidas, amplios haces vasculares y un parénquima esponjoso de 2 a 3 estratos celulares como característicos de plantas xeromórficas, determinando hojas de consistencia coriácea, lo que representa una estrategia de adaptación a condiciones ambientales adversas. Según Andersen, *et al.*, (2006) la presencia de idioblastos cristalinos puede ser considerado un valor diagnóstico interesante y novedoso en hojas xeromórficas de *L. turbinata*. El desarrollo de características xeromórficas en los órganos de las plantas se atribuye principalmente al estrés hídrico y a la intensidad lumínica (Shields, 1951).

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten comprobar que los cuatro fenotipos de *P. guajava*: con frutos amarillos de pulpa roja y epicarpio liso (GR1); con frutos amarillos de pulpa roja y epicarpio rugoso (GRr); con frutos amarillos de pulpa blanca (GB) y con frutos amarillos de pulpa amarilla pálida (GM), presentan características anatómicas comunes, así como ciertos rasgos diferenciales que podrían deberse a factores ambientales, de interacción o genéticos. El análisis de la varianza (ANOVA) a un criterio de clasificación, realizado a las variables estudiadas en este trabajo da cuenta de la existencia de variación en la morfo -anatomía foliar entre las hojas de un mismo fenotipo y entre los cuatro fenotipos de *P. guajava*. Se registraron diferencias significativas ($p < 0,005$) para las variables: espesor de la epidermis adaxial, perímetro de las cavidades lisígenas, espesor del mesófilo y longitud de los pelos de la epidermis abaxial. Sin embargo para el espesor de la epidermis abaxial y tamaño de los cristales en forma de drusas, la variación no fue significativa. Es necesario continuar con las investigaciones realizadas utilizando material vegetal proveniente de diferentes ambientes para profundizar en esta área del conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Andersen, A., Lucchini, F., Moriconi, F. J. & E. A. Fernández. 2006. Variabilidad en la morfo-anatomía foliar de *Lippia turbinata* (Verbenaceae) en la provincia de San Luis (Argentina). *Revista Internacional de Botánica Experim.* 75:137-143.
- Barroso, G., Peixoto, M., Ichaso, C., Costa, C., Guimaraes, D. & H. Lima. 1984. Myrtales. In: *Sistemática de angiospermas do Brasil*. Vol. II. Vicoso, Minas Gerais: Imprensa Universitária da Universidade Federal de Vicoso, Brasil, 107-167.
- Daubenmire R. F. 1974. *Plants and Environment*. John Wiley & Sons Incorporation.
- Fahn, A. 1986. Structural and functional properties of trichomes of xeromorphic leaves. *Annals of Botany* 57, 631.
- Gomes, S., Somavilla, N., Gomes-Bezerra, K., De Miranda, S., De Carvalho, P. S. & D. Graciano Ribeiro. 2009. Anatomía foliar de especies de Myrtaceae: contribuciones a taxonomía e filogenia. *Acta Bot. Bras.* 23 (1):223-238.
- González, C. C. 2011. Arquitectura foliar de las especies de Myrtaceae nativas de la Argentina II: grupos "Myrteola" y "Pimenta". *Bol. Soc. Argent. Bot.* 46: 65-84.
- Khatijah H., Cutler, D. & D. Moore. 1992. Leaf anatomical studies of *Eugenia* L. (Myrtaceae) species from the Malay Peninsula. *Botanical Journal of the Linnean Society* 110:137-156.
- Kummerow J. 1973. Comparative Anatomy of sclerophylls of Mediterranean Climatic Areas. En: Di Castri & H Mooney eds. *Mediterranean Type Ecosystems. Origin and structure*. Springer Verl. NY.
- Lozano, J. C., Toro, C.; García, R. & R. Tafur. 2002. *Fruticultura Colombiana. Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia*. Cali: Autónoma del Valle. 278 p.
- Lucas, E. J., Harris, S. A., Mazine, F. F., Belsham, S. E., Nic Lughadha, E. M., Telford, A., Gasson, P. E. & M. W. Chase. 2007. Suprageneric phylogenetics of Myrteae, the generically richest tribe in Myrtaceae (Myrtales). *Taxon* 56: 1105-1128
- Prakash, D., Narayanaswamy, P. & S. Sundur. 2002. Analysis of molecular diversity in guava using RAPD markers. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 77(3):287-293.
- Rivero-Maldonado, G., Pacheco, D., Sánchez, A., Quirós, M., Suárez, E., Fuenmayor, J. & G. Sthormes. 2011. Análisis preliminar de las características anatómicas foliares de *Psidium guajava* L. y *Psidium guineense* Sw. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 28 Supl. 1: 129-138.
- Shields, L. M. 1951. The involution mechanism in leaves of certain xeric grasses. *Phytomorphology* 1. 225pp.
- Snedecor, G. 1964. *Métodos estadísticos* 5ª edición. Compañía Editorial México.
- Strasburger, S. 1994. *Tratado de Botánica*. 8a. ed. Castellana. Ediciones Omega S.A. Barcelona. Trad. de la 33. ed. alemana.
- Torres, M. R. & R. Bonatto. 2004. Leaf Morphology of 89 Tree Species from a Lowland Tropical Rain Forest (Atlantic Forest) in South Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47 (6): 933-943.
- Wilson, P.G., O'Brien, M.M., Heslewood, M.M. & C. J. Quinn. 2005. Relationships within Myrtaceae *sensulato* based on a matk phylogeny. *Plant.Syst.Evol.* 251:3-19.