

DIFERENCIAS ANATOMICAS Y USO DE SOLUCIONES DE PULSO EN DOS CULTIVARES DE ROSA (*Rosa* sp.)

F. Hernández-Hernandez¹; M. L. Arévalo-Galarza^{1¶};
M. T. Colinas-León²; H. A. Zavaleta-Mancera¹;
J. Valdes Carrasco¹

¹Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Posgraduados.
Km. 36.5 Carretera México- Texcoco. Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.
Correo-e: larevalo@colpos.mx ([¶]Autor responsable).

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
Km. 38.5 Carretera México- Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

El presente estudio evaluó la susceptibilidad de dos cultivares de rosa ('Grand Gala' y 'Vega') al estrés hídrico. Los tallos fueron pretratados con soluciones de pulso (4-hexilresorcinol, putrescina y agua). Por otro lado se estudio la anatomía de la hoja y tallo de cada cultivar para determinar su relación con la falta de agua. Los resultados muestran que la solución a base de 4-hexilresorcinol redujo el estrés del periodo seco en los tallos florales de ambos cultivares, conservando en mayor grado las características de calidad. Se observó mayor susceptibilidad al periodo seco del cultivar Vega. El número de células epidérmicas, índice estomático y pérdida de peso de las hojas de 'Grand Gala' fueron significativamente mayores que en 'Vega'. En ambas variedades, los estomas de las hojas fueron hipoestomáticas del tipo paracítico.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: cultivar Grand Gala, cultivar Vega, 4-hexilresorcinol, periodo seco.

ANATOMICAL DIFFERENCES AND USE OF PULSE SOLUTIONS IN TWO ROSE (*Rosa* sp.) CULTIVARS

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the susceptibility of two roses cultivars ('Grand Gala' and 'Vega') to water stress, the flower stems were pretreated with pulse solutions (4-hexylresorcinol, putrescine and water). In the other hand the leaf and stem anatomy were studied in order to know their relation with dry period. The results showed that the 4-hexylresorcinol solution reduced water stress in both cultivars, maintaining the quality characteristics. It was observed higher susceptibility to dry period in 'Vega' cultivar. The number of epidermal cells and stomata index and fresh weight loss in leaves of 'Grand Gala' leaves were significantly higher. In both cultivars, the stomata in leaves were hypostomatics of paracitic type.

ADDITIONAL KEY WORDS: Grand Gala cultivar, Vega cultivar, 4-hexylresorcinol, dry period.

INTRODUCCIÓN

El estrés hídrico afecta la calidad de rosas de corte durante el periodo seco que se presenta en el almacenamiento y transporte de los tallos cortados y que con frecuencia reduce la apertura floral e incrementa el doblamiento de cuello durante la etapa postcosecha (Van Meeteren *et al.*, 2006). La susceptibilidad es diferente entre cultivares; algunos toleran tiempos prolongados sin agua, pero otros muestran pérdidas de la calidad considerables al

permanecer unas horas sin el suministro de este líquido, pues pierden la capacidad del mismo y reducen su peso fresco (Van Doorn 1997).

Después de la cosecha los tallos florales reducen paulatinamente su capacidad de absorción de agua. Se ha propuesto que el daño causado por el corte desencadena la actividad de diversas enzimas como polifenol oxidasa (E.C. 1.14.18), peroxidasa (E.C. 1.11.1) y fenilalanina amoniliasa

(E.C. 4.3.1.24) y la consecuente producción y deposición de suberina en los espacios intercelulares de las células parenquimatosas del xilema, adyacentes a los vasos del xilema dañados, provocando una obstrucción física y afectando la absorción de agua (Van Der Molen *et al.*, 1983). Otros autores afirman que la reducción en la conductividad hídrica es causada en principio por embolismo (presencia de aire en los vasos) que se aspira después del corte, reduciendo la capacidad de absorción de agua y provocando el posterior marchitamiento del tallo floral. Sin embargo es posible que ambos factores estén afectando la capacidad de absorción hídrica del tallo (Meeteren *et al.*, 2006;). El uso de algunos compuestos inhibidores de la actividad enzimática ha prolongado la vida de florero en algunas especies florales como *Chrysanthemum glandiflorum*, *Grevillea longistyla* H. y *Bouvardia* sp. (Williamson *et al.*, 2002; He *et al.*, 2006). Por lo anterior en este estudio se evaluó el efecto de algunos inhibidores enzimáticos aplicados en solución de pulso a dos cultivares de rosa 'Grand Gala' y 'Vega'. Además se evaluaron algunas características anatómicas de estos cultivares para conocer si éstas influyen en su susceptibilidad a periodo seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se usaron 200 tallos florales de rosa roja (*Rosa* sp.) de cada uno de los cultivares 'Grand Gala' y 'Vega' desarrollados en invernadero en la región de Villa Guerrero, Estado de México, México en la empresa Buenavista Floral S. A. de C. V., entre noviembre del 2007 y abril del 2008. Los tallos se cortaron en el estadio de botón cerrado, cuando los pétalos habían perdido la apariencia puntuda y se encontraban encerrados por el cáliz solamente hasta media altura (1.5-2.0 cm). Después de la cosecha los tallos se transportaron al laboratorio.

Organización experimental

Para cada cultivar se formaron cuatro grupos de 50 tallos. Tres de ellos se sumergieron por 12 h en soluciones de pulso de putrescina (25 mg·litro⁻¹), 4-hexilresorcinol (5 mM) y agua destilada (PA) respectivamente, en tanto que el cuarto se mantuvo en periodo seco (PS) sin ningún contacto con medio acuoso durante el mismo tiempo. Los reactivos usados fueron marca Sigma-Aldrich®. Después, los tallos se colocaron en bolsas negras y se sometieron a un periodo seco a 20 ± 2 °C por 48 h, excepto los de PA que se mantuvieron sumergidos en agua destilada. Posteriormente todos los tallos se colocaron en frascos de vidrio con 250 ml de una solución de composición 1.5 mM NaHCO₃, 0.7 mM CaCl₂ y 0.005 mM CuSO₄ (solución florero; Van Meeteren *et al.*, 2006) y se almacenaron a temperatura ambiente (20 °C, 71 % humedad relativa) con fotoperiodo de 12 h con 18.5 μmol·m⁻²·s⁻¹ de luz aplicado mediante lámparas de luz blanca. A partir de entonces en los tallos se evaluó la vida de florero,

apertura floral, estructura interna del tallo, índice estomático y estructura de estomas en hojas.

Análisis de datos

El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo de tratamientos factorial 4 x 2 (cuatro tratamientos pulso por dos variedades de rosa) obteniendo ocho tratamientos y 10 repeticiones, considerando un tallo como unidad experimental para las variables de vida de florero y apertura floral.

Para el índice estomático en hojas se consideraron como unidad experimental 10 áreas microscópicas en cada hoja y cada unidad experimental tuvo seis repeticiones. A todos los tratamientos se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Variables respuesta

Vida de florero. Se determinó mediante la apariencia visual de cada tallo floral desde la cosecha hasta la marchitez (pérdida de turgencia y oscurecimiento del borde de los pétalos) o doblamiento del cuello o "cabeceo" del botón floral.

Apertura floral. Se estableció una escala hedónica para la valoración visual de la apertura de los botones florales con cinco estados (Ho y Nichols, 1977): 1: botón cerrado; 1: botón parcialmente abierto; 2: botón completamente abierto; 3: flor parcialmente abierta; 4: flor completamente abierta sin la aparición de las anteras; 5: completamente abierta con las anteras descubiertas.

Índice estomático. Se utilizaron hojas maduras del cuarto entrenudo debajo del botón floral de seis tallos florales de 'Grand Gala' y 'Vega' respectivamente. Se hicieron impresiones de la cara abaxial y adaxial del centro de la hoja (1 cm²), obteniéndose seis impresiones por variedad con cianocrilato. Para cada impresión se realizaron conteos de estomas y células epidérmicas en diez campos ópticos elegidos al azar con un microscopio compuesto de luz (Carl Zeiss, Alemania). Se calculó el área de los campos ópticos con un portaobjeto micrométrico. Se determinó el número de estomas y células epidérmicas por mm². Se calculó el índice estomático (IE), sugerido por Azevedo *et al.* (1990), de acuerdo con la siguiente relación: $IE = [DE / (DE + CE)] \times 100$; donde DE= densidad estomática, y CE= número de células epidérmicas.

Estructura interna del tallo. Para el estudio anatómico, se ocuparon 15 tallos, utilizaron secciones de 1.0 cm de longitud de la parte basal de los tallos, los cuales se fijaron en una mezcla de 50 % de propanol, 5 %, de ácido acético glacial, 3.7 % de formaldehído en agua destilada (FAA). Posteriormente el material fue procesado para su inclusión en parafina. Se hicieron cortes

transversales, radiales y tangenciales de 20 μm con un micrómetro rotatorio (American Optical, USA) y se tiñeron con safranina "O" y verde fijo FCF (Saas, 1958). Las muestras se observaron con microscopio óptico compuesto (Carl Zeiss, Alemania), y se tomaron imágenes digitales para ser procesadas con Image Tool (V.3, San Antonio Texas).

Microscopía electrónica de barrido

Fragmentos de hoja (0.5 m²) de cada variedad, se fijaron en una solución 3 % glutaraldehído en amortiguador de fosfatos Sorensen's (0.1M pH 7.2) durante 24 h (Ruzin, 1999). Posteriormente se realizaron tres lavados con el amortiguador de fosfatos, por un minuto en cada cambio. Los tejidos se deshidrataron en una serie gradual de etanol (30-100 %) por 40 min en cada cambio. Las muestras se colocaron en una secadora (Samdri -780 A, USA), y posteriormente a una cámara de vacío para recubrirse con oro durante 4.30 min en una ionizadora (Ion Sputter JFC-1100, Jeol, Fine Coat, Japan). Las muestras se observaron en un Microscopio Electrónico de Barrido (JEOL /6390, UK) operando a 15 Kv.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vida de florero

La vida de florero de los tallos mantenidos en agua para 'Grand Gala' fue de 7.4 días, mientras que para 'Vega' fue de 9.6 días, mostrando diferencia entre cultivares, sin embargo los tallos de ambas variedades con estrés hídrico (PS) tuvieron una vida de florero de 6 días, lo que significa el 19 y 37 % de reducción de la vida de florero en 'Grand Gala' y 'Vega' respectivamente, y sugiere mayor susceptibilidad al estrés hídrico de este último. Para el caso de los tallos tratados con putrescina se observó que ambas variedades tuvieron un comportamiento similar a los tallos con PS (Cuadro 1); la aplicación exógena de putrescina se ha realizado para reducir los efectos de estrés en algunas especies como el maíz (*Zea mays* L.), papa criolla (*Solanum phureja* Juz. et Buk) y el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.), y atenuar los efectos de deshidratación (Slocum *et al.*, 1984; Romero y Norato, 1996; Marquinez, 2001) lo cual no se consiguió en este estudio. Finalmente los tallos tratados con 4-hexilresorcinol tuvieron una vida de florero de 10.3 y 11.5 d para 'Grand Gala' y 'Vega' es decir 39 y 19 % mayor que los tallos mantenidos en agua y de 4.3 y 5.5 días más que los tratamientos sometidos a estrés hídrico, lo cual muestra la efectividad de este tratamiento. El 4-hexilresorcinol tiene cierta acción bactericida y surfactante, pues retrasó el marchitamiento y mantuvo la conductividad hídrica de los tallos de crisantemo (*Dendrathera grandiflora*) y *Bouvardia* sp., también se ha mostrado su efecto como inhibidor enzimático (Vaslier y Van Doorn, 2003). Los resultados por factor muestran que el tratamiento con mayor vida de florero fueron los tallos pretratados con 4-hexilresorcinol (10.9 días), mientras que el peor tratamiento fue el de PS con 6.0 días (Cuadro 2).

CUADRO 1. Vida de florero y apertura floral de tallos de rosas 'Grand Gala' y 'Vega' sometidos a diferentes pretratamientos,

Cultivar	Tratamiento	Vida de florero (d)	Apertura floral
Grand Gala	Agua	7.4 c	2.1 d
	Putrescina	6.0 d	2.0 b
	4-Hexilresorcinol	10.3 b	3.0 e
	Periodo seco	6.0 d	2.0 e
Vega	Agua	9.6 b	4.2 c
	Putrescina	6.2 c	1.9 a
	4-Hexilresorcinol	11.5 a	4.4 e
	Periodo seco	6.0 d	2.0 e
DMS		0.81	0.342
CV %		9.11	12.47

Apertura floral

En tallos de 'Grand Gala' la mayor apertura se obtuvo con el tratamiento de 4-hexilresorcinol (3.0), los mantenidos en agua PS y putrescina fueron comparables al tener un grado de apertura menor (2.0), el mismo comportamiento se observó en los tallos de 'Vega' tratados con 4-hexilresorcinol al tener una apertura de 4.4; los tallos de PA con 4.2 y los tratados con putrescina y agua PS tuvieron aperturas de 1.9 y 2.0. El estado de apertura floral que alcanzaron por cultivar los tallos de 'Grand Gala' y 'Vega' fue 2.3 y 3.1 sin que se expresara la máxima apertura; con relación a la apertura por tratamiento el uso de 4-hexilresorcinol fue de 3.7, PA de 3.1, PS fue de 2.0 y putrescina 1.9 (Cuadro 2). Una respuesta similar obtuvieron Jin *et al.*, (2006) para rosas 'Samantha' que después de estrés hídrico (24 h) y pretratamiento con ácido ascórbico (5 mM) tuvieron una apertura floral completa sin la aparición de anteras, atribuyendo su efecto a la inhibición de enzimas oxidativas; en este sentido se puede atribuir el efecto del 4-hexilresorcinol a este mecanismo de acción, inhibiendo en particular a las polifenol oxidasas (Vaslier y Van Doorn, 2003).

CUADRO 2. Valores de vida de florero y apertura floral de tallos de rosas 'Grand Gala' y 'Vega' por factor (tratamiento y cultivar)

Tratamiento	Vida de florero (d)	Apertura floral
Agua	8.5 b	3.1 b
Putrescina	6.1 c	1.9 c
4-Hexilresorcinol	10.9 a	3.7 a
Periodo seco	6.0 c	2.0 c
Cultivar		
Grand Gala	7.4 b	2.3 b
Vega	8.3 c	3.1 a

*Letras diferentes dentro de la misma columna son significativamente diferentes, Tukey a una $P \leq 0.05$.

Densidad estomática

Las hojas de las variedades de rosa ‘Grand Gala’ y ‘Vega’ fueron hipoestomáticas, es decir con estomas sólo en la epidermis abaxial, del tipo paralelocítico o paracítico (Figura 1). Según lo señalado por Metcalfe y Chalk (1979), este tipo de estomas presentan dos células anexas al mismo nivel de las epidérmicas, dispuestas paralelamente a los ejes mayores de las oclusivas, es decir, las células subsidiarias presentan un incremento gradual en tamaño por el centro hacia el extremo cubriendo parcialmente a sus terminales, teniendo una distribución aleatoria y en grupos. Con respecto a la densidad estomática no hubo diferencias significativas, pero sí en el número de células epidérmicas e índice estomático (Cuadro 3). Los resultados de densidad estomática en ‘Grand Gala’ fue de 60.4 y en ‘Vega’ de 57.6 estomas mm⁻², valores inferiores a los reportados por Esau (1972) para las angiospermas (110.9 a 132.3 estomas mm⁻²) pero dentro de los valores establecidos para el envés de las hojas de las plantas C3 (Leegod, 1993). Con respecto al número de células epidérmicas (CE) se observan diferencias significativas entre cultivares, siendo mayor para ‘Grand Gala’ (Cuadro 3). Estos resultados sugieren que el mejoramiento genético en los cultivares de rosa pudieron haber causado una reducción en conductancia estomática. La disminución de la densidad estomática lleva a un incremento en la resistencia estomática, lo cual reduce la transpiración (Takur, 1990). Lo anterior refleja diferencias en el índice estomático con 19.7 % en ‘Grand Gala’ y de 18.2 % en ‘Vega’. Wilkinson (1979) menciona que el índice estomático es una característica de diagnóstico muy utilizada en sistemática de plantas, porque generalmente se mantiene sin alteraciones. No obstante Salas *et al.* (2001) mencionan que el índice estomático se ve afectado por condiciones estresantes tanto ambientales como nutricionales, sin embargo las características genéticas pueden influir en la mayor pérdida de peso de las hojas como se observa en el Cuadro 3. También es importante considerar el efecto de las soluciones de pulso, que puede inducir a un cierre de estomas como en el caso de Al₂ (SO₄)₃ y glucosa, que reducen la pérdida de agua por el cierre de estomas en flores de corte. Los resultados obtenidos con el tratamiento con putrescina, pudieron ser producto de la acumulación excesiva de putrescina en los tallos, provocando la dilatación de los estomas y la pérdida de agua por transpiración. Por lo tanto, el balance hídrico de la planta depende en gran medida del mecanismo de apertura y cierre estomático, influenciado por la humedad del aire, que afecta la conductancia estomática, transpiración y fotosíntesis (Salisbury y Ross, 1994).

Estructura interna del tallo

Los cortes transversales realizados en tallos de rosa ‘Grand Gala’ y ‘Vega’, mostraron que la epidermis es uniestratificada y sin tricomas, con una gruesa cutícula en las paredes externas lo cual es una característica típica de los tallos de rosa (Martín y Juniper, 1970). Se sabe que la cutícula puede variar en espesor y su desarrollo es afectado por las condiciones ambientales para reducir la pérdida de agua (Possingham, 1972).

Por otro lado en ambas variedades de rosa la disposición de los tejidos primarios fundamental y vascular en el tallo son de cilindro hueco (Figura 1), prácticamente continuo, típico de gimnospermas y angiospermas de dicotiledóneas (Esau, 1972). Con respecto a la porosidad del xilema en ambas variedades es difusa. El diámetro de los vasos fue de entre 13.2 µm 39.3 µm en ‘Grand Gala’ y 14.1 µm 67.7 µm en ‘Vega’. Algunos autores señalan que aunque hay cambios mínimos en el diámetro de los vasos tienen efecto en la conductividad, así como en la formación de émbolos (burbujas de aire) que impiden la absorción de agua (Baas, 1986; Nijse *et al.*, 2000). Estos resultados refuerzan el hecho de la mayor susceptibilidad del cultivar Vega al estrés hídrico dado que la vida de florero se redujo en 2.6 días en comparación con los tallos mantenidos constantemente en agua.

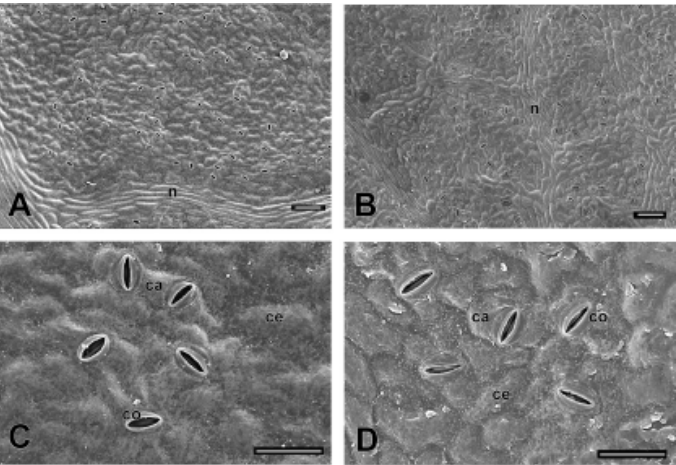


FIGURA 1. Micromorfología electrónica de barrido (MEB) de la epidermis abaxial de hojas maduras de rosa ‘Grand Gala’ (A, C) y ‘Vega’ (B, D). co: células oclusivas, ca: células anexas, ce: células epidérmicas, n: nervaduras, las flechas indican los estomas. Barra= 100µm (A, B) y 50 µm (C, D).

CUADRO 3. Densidad estomática, índice estomático y pérdida de peso fresco en hojas de dos cultivares de Rosa sp.

Cultivar	DE (estomas / mm ²)	Núm. CE mm ²	IE (%)	PF (%)
Grand Gala	60.4 a*	263.1 a	19.7 a	37.5
Vega	57.6 a	247.7 b	18.2 b	13.6

*Letras diferentes dentro de la misma columna son significativamente diferentes, Tukey a una Pd*0.05. DE: densidad estomática; CE: número de células epidérmicas; IE: índice estomático; PF: pérdida de peso acumulada.

En la Figura 2 se muestra a los vasos del xilema generalmente aislados en grupos radiales de más de dos, con diámetro heterogéneo repartidos difusamente. Existe una relación espacial de los vasos con el parénquima xilemático axial de tipo marginal agregado y radios multiseriados en 'Grand Gala', pero de tipo paratraqueal marginal en 'Vega'. En los miembros del vaso, la placa de perforación fue indistintamente multiperforada, tipo reticulada (diseño de red). Las fibras observadas en ambas variedades fueron de paredes gruesas. Los radios de las células del xilema son heterocelulares y parénquima axial abundante, especialmente multiseriados (hasta 7 células) en 'Grand Gala'; uniseriados, biseriados y multiseriados en 'Vega', con espesor variable. De acuerdo con Carlquist (1988), la conducción a través de vasos numerosos con diámetro angosto es más eficiente que la conducción a través de vasos escasos con diámetro amplio. Así la cavitación de vasos angostos ocasiona menor pérdida de la capacidad de conducción, porque comúnmente se encuentran en grupos o bien, asociados a traqueidas vasculares o vasicéntricas. Lo anterior, hace suponer que aquellas especies con vasos grandes son más susceptibles a presentar embolismo durante periodos de estrés hídrico, que aquellas especies con diámetro menor (Margrave *et al.*, 1994).

CONCLUSIONES

El tratamiento con 4-hexilresorcinol como solución de pulso redujo la susceptibilidad al estrés hídrico en ambas variedades e incrementó la vida de florero y la apertura floral en rosa variedades Grand Gala y Vega. La solución de pulso con putrescina, no incrementó la vida de florero ni apertura floral y fue comparable con el tratamiento sometido a periodo seco. Con relación a la anatomía de las hojas, se observa mayor índice estomático en 'Grand Gala' generando mayor pérdida de peso fresco en las hojas. Los tallos florales del

cultivar Vega fueron más susceptibles al marchitamiento provocado por la falta de agua a su vez relacionado con el mayor diámetro de los vasos del xilema.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del proyecto SAGARPA-CONACYT 11875 por el apoyo económico para la realización de este proyecto.

LITERATURA CITADA

- AZEVEDO, A. A.; C. J. GOMIDE, E. A.; MONTEIRO, H. S.; MARÍA, J. 1990. Anatomía das espermatófitas (Ejercicios prácticos). Universidade Federal de Viçosa. Boletín Núm. 226. 120 p.
- BAAS, P. 1986. Ecological patterns in xylem anatomy. In: GIVNISH, T. J. (Ed.), On the Economy of Plant Form and Function. Cambridge, Massachusetts, USA. pp. 327-352.
- CARLQUIST, S. 1988. Tracheid dimorphism: a new pathway in evolution of imperforate tracheary elements. *Aliso* 12 (1): 103-118.
- ESAU, K. 1972. Anatomía vegetal. Ediciones Omega. Barcelona. España.
- HE, S.; JOYCE, D. C.; IRVING, D. E.; FARAGHER, J. D. 2006. Stem end blockage in cut Grevillea 'Crimson Yul-lo' inflorescences. *Postharvest Biology and Technology* 41: 78-84.
- HO, C.; NICHOLS, R. 1977. Translocation of ^{14}C -sucrose in relation to changes in carbohydrate content in rose corollas cut at different stages of development. *Annals of Botany* 41: 227-242.
- JIN, J.; SHAN, N.; MA, N.; BAI, J.; GAO, J. 2006. Regulation of ascorbate peroxidase at the transcript level is involved in tolerance to postharvest water deficit stress in the cut rose (*Rosa hybrida* L.) cv. Samantha. *Postharvest Biology and Technology* 40: 236-243.
- LEEGOD, R. 1993. Carbon dioxide concentrating mechanisms. In: P.J. LEA and R.C. LEEGOD (Eds.). *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, U.K.

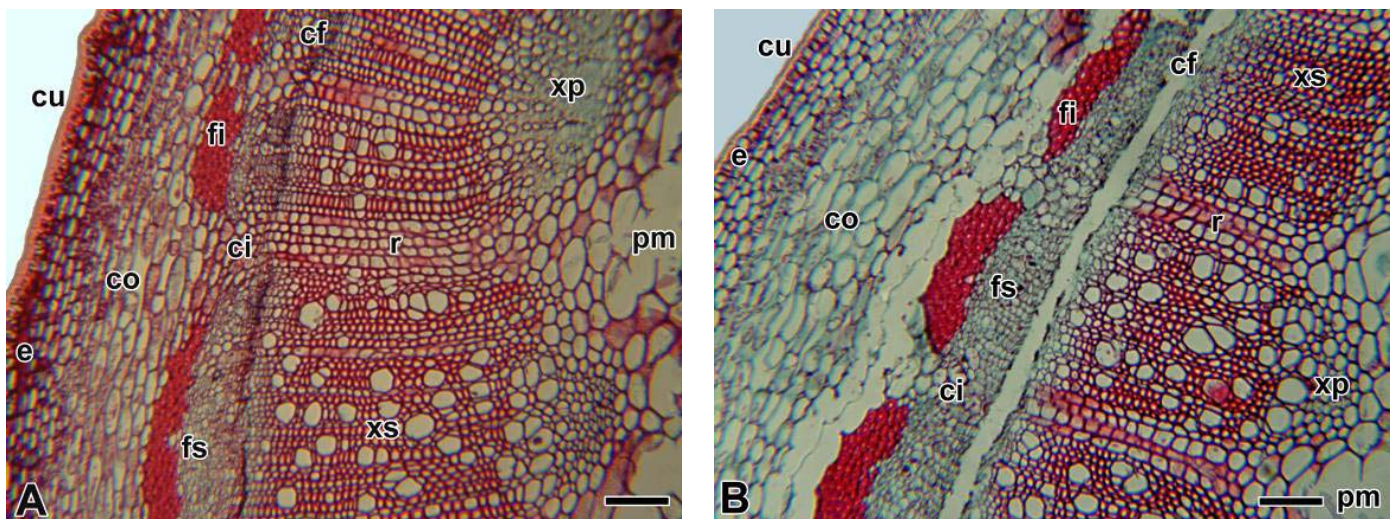


FIGURA 2. Anatomía transversal del tallo de *Rosa* sp. (A) 'Grand Gala', (B) 'Vega'. Abreviaturas: pm: parénquima medular; xp: xilema primario; xs: xilema secundario; r: radio; ci: cambium interfascicular; cf: cambium fascicular; fs: floema secundario; co: parénquima cortical; e: epidermis uniestratificada; cu: cutícula; fi: fibras. Barra = 100 μm

- MARGRAVE, K. R.; KOLLB, K. J.; EWERS, F. W.; DAVIES, S. D. 1994. Conduct diameter and drought-induced embolism in *Salvia mellifera* (Labiatae). *New Phytol.* 126: 695-705.
- MARQUÍNEZ, X. 2001. Determinación de posibles mecanismos fisiológicos de tolerancia a heladas en los pastos kikuyo y falsa poa. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- MARTÍN, J. T.; JUNIPER, B. E. 1970. The cuticles of the plants. London, Edward Arnold.
- METCALFE, C. R.; CHALK, L. 1979. Anatomy of dicotyledons, Systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject. Vol. 1. 2nd Ed. Clarendon Press. Oxford, Great Britain. 276 p.
- NIJSSE J.; KEIJZER C. J.; VAN MEETEREN U. 2000. Air in xylem vessels of cut flowers. *Acta Horticulturae*. 517:479-486.
- POSSINGHAM, J. V. 1972. Surface wax structure in fresh and dried Sultana grapes. *Ann. Bot.* 36:993-996
- ROMERO, H. M.; NORATO, J. 1996. Acción de las poliaminas en la protección de la papa criolla (*Solanum phureja* CV "Yema de Huevo") contra las heladas. *Agronomía Colombiana*. 13: 50-55.
- RUZIN, E. S. 1999. Plant Microtechnique and Microscopy. Oxford University Press, Inc. Oxford, UK. 322 p.
- SAAS, J. E. 1958. Botanical Microtechnique. 3rd. Ed. Iowa State Univ. Press. Ames, Iowa USA 277 p.
- SALAS, J.; SANABRIA, M.; PIRE, R. 2001. Variación en el índice y densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) sometidas a tratamientos salinos. *Bioagro* 13(3): 99-

- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Ed. Interamericana. USA. pp. 275-290.
- SLOCUM, R. D.; KAWR-SHAWNEY, R.; GALSTON, A. W. 1984. The physiology and biochemistry of polyamines in plants. *Biochemistry and Biophysics*. 235: 3-303.
- TAKUR, P. 1990. Different physiological response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivars to drought. *Acta Physiologiae Plantarum* 12: 175-182.
- VAN DER MOLEN, G. E.; LABAVITCH, J. M.; STRAND, L. L.; DEVAY, J. E. 1983. Pathogen-induced vascular gels; ethylene as a host intermediate. *Physiologia Plantarum*. 59(4): 573-580.
- VAN DOORN, W. G. 1997. Water relations of cut flowers. *Horticultural Reviews*. 18: 1-85.
- VASLIER, N.; VAN DOORN, W. G. 2003. Xylem occlusion in bouvardia flowers: evidence for a role of peroxidase and catechol oxidase. *Postharvest Biology and Technology* 28, 231-237.
- VAN MEETEREN U.; ARÉVALO-GALARZA, L.; VAN DOORN, W. 2006. Inhibition of water uptake after harvesting cut flowers role of air emboli and wound-induced processes in chrysanthemum. *Postharvest Biology and Technology*. 41: 70-77
- WILLIAMSON, V. G.; FARAGER, J.; PARSONS, S.; FRANZ, P. 2002. Inhibiting the postharvest wounding response in cut flowers. Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC) 317 Publication Núm. 02/114.
- WILKINSON, H. 1979. The plant surface (mainly leaf). In Metcalfe y Chalk (eds). *Anatomy of Dicotyledons*. Oxford, Clarendon Press. London. pp. 97-165.