

ANATOMÍA DEL SISTEMA RADICAL DE INDIVIDUOS JUVENILES DE *Gyrocarpus americanus* JACQ. (HERNANDIACEAE)

Damelis Jáuregui¹ y Liliana Márquez²

¹Laboratorio de Morfoanatomía Vegetal, ²Laboratorio de Ecología Agrícola. Instituto de Botánica Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, estado Aragua, Venezuela. jaureguid@gmail.com

COMPENDIO

Se caracterizaron anatómicamente las raíces tuberosas o no, desarrolladas por plantas juveniles de *Gyrocarpus americanus* con el fin de aportar información biológica relevante en esta especie arbórea. Para ello se extrajo el sistema radical de plantas de siete meses de edad; el mismo fue subdividido en porciones que fueron fijadas en FAA hasta su procesamiento, siguiendo las técnicas clásicas para microscopía óptica. Los resultados revelan que la raíz principal tuberosa tiene un origen mixto, ya que involucra tejidos del caule y de la radícula. Asimismo, fue evidente la actividad atípica del cambium vascular en todas las raíces tuberosas, ya que produce gran cantidad de parénquima de reserva. La diferenciación de este tipo de raíces puede contribuir al establecimiento de individuos de esta especie en ambientes con suplenencia restringida de agua y nutrimentos.

PALABRAS CLAVE

Estructura anatómica, raíces tuberosas, *Gyrocarpus americanus*.

ANATOMY OF THE ROOT SYSTEM OF YOUTH INDIVIDUALS
***Gyrocarpus americanus* JACQ. (HERNANDIACEAE)**

ABSTRACT

The tuberous roots or not, developed by young plants of *Gyrocarpus americanus* were anatomically characterized, in order to provide relevant biological information on this species. The root system of plants seven months old was extracted, it was divided into portions that were fixed in FAA to processing using classical techniques for optical microscopy. The results show that the tuberous taproot has mixed origen, because involved both caule as the radicle. Also, was evident atypical activity vascular cambium in all tuberous roots, because it produces large amount of parenchymal reserve. The differentiation of such roots can help establish individuals of this species in environments with limited water and nutrients disponibility.

KEY WORDS

Anatomy structure, tuberous roots, *Gyrocarpus americanus*.

Hernandiaceae es una familia pequeña, constituida por cuatro géneros (*Hernandia* L., *Illigera* Blume, *Gyrocarpus* Jacq. y *Sparattanthelium* Mart.) que se agrupan en dos subfamilias: Hernandioideae y Gyrocarpoideae (Kubitzki 1969, Cronquist 1981), las cuales han sido también consideradas como dos familias separadas por Shutts (1960), Kubitzki (1993), Espejo (1997) y APG (2016). Se encuentra ampliamente distribuida en las regiones tropicales de todo el mundo con alrededor de 60 especies (Cronquist 1981, Espejo 1997).

La anatomía ha sido útil a la taxonomía de esta familia; cabe destacar que Shutts (1960) describió la anatomía del leño y con base a esta información y a la forma como ocurre la dehiscencia de las anteras ubicó los géneros antes señalados en dos familias Hernandiaceae y Gyrocarpaceae.

Entre los rasgos anatómicos indicados para la familia se pueden señalar: nudos unilagunares con tres a siete trazas foliares; cavidades mucilaginosas formadas por la desintegración de células con aceites etéreos generalmente presentes; cistolitos en hojas y tallos e incluso en el leño de *Gyrocarpus* y

Sparattanthelium. Los estomas en ***Hernandia*** e ***Illigera*** son paracíticos y en ***Gyrocarpus*** y ***Sparattanthelium*** son anomocíticos. Tienen tricomas unicelulares con ápice curvado y glandulares inmersos en la epidermis en algunas especies de ***Hernandia*** e ***Illigera*** (Kubitzki 1969).

En Venezuela, la familia está representada por tres de esos géneros, exceptuando a ***Illigera*** y solo cuatro especies, donde destaca ***Gyrocarpus americanus*** Jacq. por su amplia distribución (Hokche *et al.* 2008). Este taxón arbóreo y decíduo se distribuye en Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Venezuela. En el país, crece en bosques deciduos y semideciduos de la vertiente sur de la Cordillera de la Costa, considerándose un elemento florístico característico de dichos bosques (Ponce y Trujillo 1985, Riera 1991, Márquez 2014).

Al estudiar la dinámica de la germinación y el desarrollo plantular de esta especie, la segunda autora de este trabajo observó que el sistema radical de individuos juveniles (siete meses de edad) presentaba raíces tuberosas, por lo cual considerando que estos órganos son muy importantes para comprender el desarrollo, la capacidad de regeneración y la dinámica de las plantas en un ecosistema, así como la carencia de información de este tipo de raíces en plantas arbóreas, se decidió realizar su estudio histológico.

Se recolectaron semillas en bosques deciduos ubicados detrás de los institutos de Botánica Agrícola y Producción Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, las cuales fueron sembradas en bandejas que contenían el sustrato comercial *Sunshine*. Luego de dos meses las plántulas fueron trasplantadas a bolsas de 5 kg en el vivero, usando como medio de crecimiento una mezcla de suelo del bosque decíduo y arena en proporciones 2:1; las mismas medían entre 10 y 14 cm de alto, tenían los cotiledones y 3-5 hojas. Al cabo de siete meses se excavó el sistema radical de varias plantas, notando el desarrollo de raíces tuberosas (Fig. 1), por lo que se recolectaron estos órganos en cuatro de esas plantas.

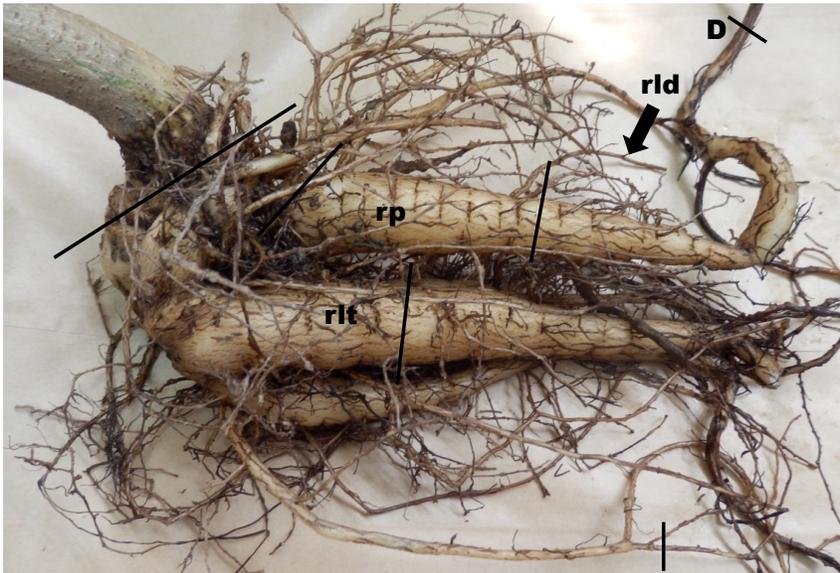


Fig. 1. Sistema radical de plantas de *Gyrocarpus americanus* de siete meses de edad. rld: raíz lateral delgada; rlt: raíz lateral tuberosa; rp: raíz principal. Las líneas indican zonas donde se realizaron las secciones.

Los sistemas recolectados se lavaron y fotografiaron, y luego se subdividieron y fijaron en FAA (formaldehído, ácido acético y etanol 70%), hasta su procesamiento. Este último consistió en seccionar el material fijado a mano alzada, en diferentes porciones; las secciones obtenidas se tiñeron con azul de astra-safranina (Krauss y Arduin 1997) y se montaron en agua-glicerina (V:V), preparando así láminas semipermanentes, las cuales se estudiaron bajo un microscopio óptico Nikon E 200. Se tomaron fotografías digitales con una cámara Evolution LC acoplada al microscopio antes indicado.

Las raíces delgadas en sus porciones más apicales están revestidas por seis a siete capas de súber, seguidamente es evidente una capa de felógeno y cuatro a seis capas de felodermis con células ovaladas y pocos espacios intercelulares. El cambium vascular se diferencia rápidamente, observándose elementos xilemáticos de origen secundario a poca distancia del ápice (Figs. 2A, 2C). No obstante, aún es evidente el xilema primario diarco o tetarco (Figs. 2A-2C). Gotas de aceites etéreos son visibles en toda la sección.

Las raíces de mayor diámetro y las porciones más apicales de las raíces tuberosas muestran una anatomía similar, pero con un mayor número de estratos

recubriéndolas y un incremento en la cantidad de estratos parenquimáticos. Es notoria la presencia de parénquima de dilatación a nivel del floema secundario y la gran cantidad de células parenquimáticas axiales en el xilema secundario. El tejido fundamental presenta abundante reserva amilácea.

Igualmente, la raíz principal engrosada y las laterales tuberosas están revestidas por una peridermis, debajo de la cual se distingue abundante parénquima con células ovaladas a rectangulares, distendidas en diferentes direcciones y luego el sistema vascular secundario; este último tiene un arreglo atípico, ya que el cambium vascular produce abundantes células parenquimáticas tanto en el xilema como en el floema secundarios (Figs. 2B, 2D, 2E); dichas células se distienden radial y tangencialmente a medida que se engrosa la estructura, siendo muy voluminosas, probablemente reservantes de agua, esto ocurre mayormente en el xilema secundario (Fig. 2F). El cilindro central aumenta gradualmente su diámetro debido al agregado de elementos secundarios, y paralelamente las células de la corteza sufren divisiones en diversos planos al igual que alargamiento celular, lo que promueve un incremento en diámetro y una consistencia suave de estas raíces.

La porción superior de la raíz principal (tuberosa) muestra anatomía caulinar, ya que la organización de los tejidos vasculares así lo demuestra, es evidente el xilema endarco (Fig. 2G). Externamente está revestida por la peridermis, donde destacan 9-10 capas de súber con un arreglo radial bien marcado. La región cortical está constituida por parénquima con dos morfologías celulares, las cuales se agrupan e intercalan, unas redondeadas de diferentes tamaños y las otras distendidas tangencialmente, de mayor tamaño; en ellas son evidentes cristales prismáticos. En el floema secundario son evidentes radios dilatados y en el xilema secundario los vasos son solitarios, ocasionalmente múltiples, abunda el parénquima axial paratraqueal y apotraqueal con células de contornos poligonales en vista transversal, los radios mayormente uniseriados; en estas células son evidentes gran cantidad de granos de almidón (Figs. 2G-H). La región central está ocupada también por parénquima. En toda la sección son visibles gotas de aceites esenciales.

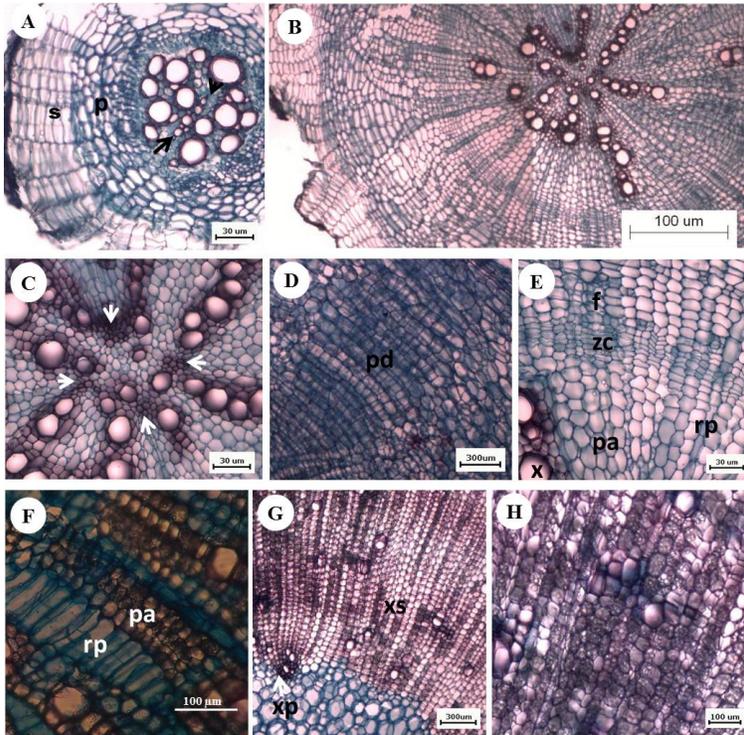


Fig. 2. Secciones transversales en el sistema subterráneo de plantas juveniles de *Gyrocarpus americanus*. A. Raíz delgada (1-2 mm de diámetro), nótese dos arcos xilemáticos indicadas con flechas y células del xilema secundario ubicadas a ambos lados del haz vascular. B. Vista general de la porción media de una raíz tuberosa, nótese la proporción de tejido parenquimático existente. C. Detalle de la zona central de la raíz anterior, nótese cuatro polos protoxilemáticos (indicados con flechas). D. Región externa, nótese la morfología de las células parenquimáticas y parénquima de dilatación. E. Detalle de la zona cambial. F. Detalle de células del radio parenquimático distendidas y del parénquima axial con gránulos de almidón. G. y H. Raíz tuberosa en zona cercana al tallo. G. Xilema secundario, nótese la ubicación centripeta del xilema primario. H. Xilema secundario, nótese la abundancia de células con reservas amiláceas. f: floema, p: parénquima, pa: parénquima axial, pd: parénquima de dilatación, rp: radio parenquimático, s: súber, xp: xilema primario, xs: xilema secundario, zc: zona cambial.

Estos resultados revelan que esta especie desarrolla una estructura principal tuberosa, de origen mixto (raíz-tallo), de la cual se originan raíces laterales, unas tuberosas, que llegan a alcanzar dimensiones semejantes a la principal y otras no.

En las raíces analizadas hay un aumento considerable del área ocupada por células parenquimáticas en el xilema, floema y región cortical, lo que permite

una mayor acumulación de sustancias de reserva; dicha acumulación juega un rol ecológico muy importante durante toda la vida de la planta, ya que asegura su sobrevivencia en las épocas desfavorables para su desarrollo (Apezzato da Gloria 2003, Dubrovsky y Shischkova 2013). Asimismo, en estas raíces es evidente el desarrollo de varias capas de súber, lo cual se ha vinculado con la prevención de la pérdida de agua. La presencia de radios dilatados a nivel del floema y la forma celular rectangular y distendida en la corteza son mecanismos que evitan la formación de grietas en esos tejidos, producto de las presiones generadas por el crecimiento vascular secundario, tal como lo señalan (Dubrovsky y Shischkova 2013) y por otra parte, pueden actuar como reservorios de agua y almidón, con los consecuentes efectos favorables para las plantas, ya que aseguran el aporte de energía y agua importantes para que las plantas puedan llevar a cabo todas sus funciones.

Estructuras tuberosas son frecuentes en especies con biotipos herbáceos o arbustivos que habitan en zonas con características edafoclimáticas particulares, se pueden citar como ejemplos: *Mandevilla velutina* K. Schum (Apocynaceae) (Apezzato y Estelita 2000), *M. sanderi* (Hemsl.) Woodson (Boutebtoub *et al.* 2009), *Macropitilium erytroloma* (Mart. *ex* Benth.) Urban y *M. bracteatum* (Nees y C. Mart.) Maréchal y Baudet (Fabaceae) (Martin *et al.* 2012), entre otras. No obstante, en el caso de árboles y trepadoras leñosas esto es menos frecuente; entre las especies donde han sido referidas se encuentran plantas juveniles de *Ceiba acuminata* (S. Watson) Rosee, *Ipomoea arborescens* (Humb. & Bonpl. *ex* Willd.) G. Don (Martin *et al.* 1998) y *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng y en este caso Fallas-Cedeño *et al.* (2010) las refieren como *lignotubers*; además, Márquez (2014) indica que la parte subterránea en esta especie representa hasta el 75% de la materia seca total a los siete meses; también han sido referidas estructuras tuberosas en especies trepadoras de Cucurbitaceae (Burrows y Shaik 2014) y en *Spondias tuberosa* Arruda (Lima Filho 2001, Mitchell y Daly 2015); en este último caso se ha indicado que son reservantes de agua, minerales y otros solutos. Sin embargo, los estudios anatómicos de este tipo de raíces son escasos. Su significancia ecológica no ha sido mencionada, pero al igual que en otros biotipos pueden considerarse elementos clave en el desarrollo de esta especie arbórea (*Gyrocarpus americanus*) que habita en bosques deciduos y semideciduos, como se expuso antes, donde se sabe existe una marcada estacionalidad climática.

Resulta interesante la conversión de este tipo de raíces a estructuras de anclaje en plantas adultas, en lo que se refiere a arquitectura y adecuación para efectuar la función de soporte, probablemente haya lignificación de las paredes en la gran cantidad de células parenquimáticas que se desarrollan en estas formas juveniles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APG. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Bot. J. Linn. Soc. 181: 1-20.
- Appezatto da Glória, B. 2003. Morfología de sistemas subterráneos: histórico e evolução do conhecimento no Brasil. Ribeirão preto: A.S. Pinto. São Paulo, Brasil. 80 p.
- Appezatto da Glória, B. and M.E. Estelita. 2000. The developmental anatomy of the subterranean system in *Mandevilla illustris* (Vell.) Woodson and *M. velutina* (Mart. ex Stedelm.) Woodson (Apocynaceae). Rev. Bras. Bot. 23: 27-35.
- Boutebtoub W., M. Chevalier, J.C. Mauget, M. Sigogne, P. Morel and G. Galopin. 2009. Localizing starch reserves in *Mandevilla sanderi* (Hemsl.) Woodson using a combined histochemical and biochemical approach. HortScience 44: 1879-1883.
- Burrows, G.E. and R.S. Shaik. 2014. Comparative developmental anatomy of the taproot of the cucurbitaceous vines *Citrullus colocynthis* (perennial), *Citrullus lanatus* (annual) and *Cucumis myriocarpus* (annual). Australian J. Bot. 62: 537-545.
- Cronquist, A. 1981. Hernandiaceae. p. 78-79. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. New York. USA. 1262 p.
- Dubrovsky, J. and S. Shischkova. 2013. Developmental adaptations in roots of desert plants with special emphasis on cacti. In: Eshel, A. and T. Beekman (Eds.). 28.1-28.13. Plant roots: the hidden half. 4th edition. CRC Press. Boca Ratón, USA.
- Espejo, A. 1997. Hernandiaceae. Flora de México. Fanerógamas. Consejo Nacional de la Flora de México 7: 1-6.
- Fallas-Cedeño, L., N.M. Holbrook, O.J. Rocha, N. Vásquez and M.V. Gutiérrez. 2010. Phenology, lignotubers, and water relations of *Cochlospermum vitifolium*, a pioneer tropical dry forest tree in Costa Rica. Biotropica 42: 104-111.
- Hokche, O., P. Berry y O. Huber. 2008. Nuevo catálogo de la flora vascular de Venezuela. Fundación Instituto de Venezuela Dr. Tobías Lasser. Caracas, Venezuela. 859 p.

- Krauss, E. y M. Arduin. 1997. Manual básico de métodos em morfología vegetal. EDUR, Seropédica, Universidad do Río de Janeiro. Río de Janeiro, Brasil. 198 p.
- Kubitzki, K. 1969. Monographie der Hernandiaceen. Bot. Jahrb. Syst. 89: 78-209.
- Kubitzki, K. 1993. Hernandiaceae. *In*: Kubitzki K., J.G. Rohwer and V. Bittrich (Eds.). The families and genera of vascular plants II. Flowering plants. Dicotyledons. Magnoliid, hamamelid and caryophyllid families. p. 334-338. Springer. Berlin, Germany. 653 p.
- Lima Filho, J.M.P. 2001. Internal water relations of the umbu tree under semi-arid conditions. Rev. Bras. Frutic. 23: 518-521.
- Márquez, L. 2014. Estudio de la biología de especies vegetales de la selva decidua montano baja de la cuenca del río Güey (Maracay, estado Aragua, Venezuela), como apoyo a su restauración ecológica. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 271 p.
- Martin, M.D., S.M. Pérez de Bianchi, A. Etcheverry, C. Camardelli, M. Alemán y T. Figueroa. 2012. Hábito de crecimiento y anatomía de la raíz en *Macroptilium erythroloma* y *Macroptilium bracteatum* (Fabaceae). *Phyton* 81: 215-220.
- Martin, S.P., T.R. Van Devender, D.A. Yetman, M.E. Fishbein and P.D. Jenkins. 1998. Gentrys Rio Mayo Plants: The tropical deciduous forest & environs of northwest Mexico. University of Arizona Press. USA. 558 p.
- Mitchell, J. y D. Daly. 2015. A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. *PhytoKeys* 55: 1-92.
- Ponce, M. y B. Trujillo. 1985. Composición florística y vegetacional de la selva decidua montano-baja del Jardín Botánico Universitario. Maracay, Venezuela. *Ernstia* 35: 30-43.
- Riera, V. 1991. Fenología de las especies más importantes y dinámica del comportamiento de hojarasca en la selva decidua del Jardín Botánico Universitario de Maracay. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 69 p.
- Shutts, C.F. 1960. Wood anatomy of Hernandiaceae and Gyrocarpaceae. *Trop. Woods* 113: 85-123.