

VIVIPARIDAD EN *GOEPPERTIA INOCEPHALA* (MARANTACEAE)

MARÍA DEL PILAR SEPÚLVEDA-NIETO¹, ÁNGELA MARÍA MORALES-TRUJILLO¹ y
LILIANA KATINAS^{2,3}

Summary: Vivipary in *Goepertia inocephala* (Marantaceae). Viviparous germination is a phenomenon known only for 0.1% of the total species, being less frequent in monocots. In the Marantaceae family it had only been mentioned for a single species, *Marantochloa congensis*. This work presents the first record of plants originated from viviparous seeds of *Goepertia inocephala* (Marantaceae) found in the understory of a mixed forest of the Andean region of the department of Quindío, Colombia. The vivipary of this species is discussed in the context of the mechanisms of adaptation to the current environmental conditions and pre-conditioning of paleotropical ancestors.

Key words: Germination, sexual reproduction, monocots.

Resumen: La viviparidad es un fenómeno conocido sólo para un 0,1 % del total de especies, siendo menos frecuente en monocotiledóneas. En la familia Marantaceae solo había sido mencionado para la especie *Marantochloa congensis*. En este trabajo se presenta el primer registro de plantas originadas de semillas vivíparas de *Goepertia inocephala* (Marantaceae) encontradas en el sotobosque de un bosque mixto de la región andina del departamento del Quindío, Colombia. La viviparidad de esta especie se discute en el contexto de los mecanismos de adaptación a las actuales condiciones ambientales y de pre-acondicionamiento de los ancestros paleotropicales.

Palabras clave: Germinación, reproducción sexual, monocotiledóneas.

INTRODUCCIÓN

Uno de los variados mecanismos reproductivos en angiospermas es la viviparidad, que involucra el crecimiento precoz y continuo de descendientes cuando aún se encuentran unidos al parental, e implica la formación de la semilla y el crecimiento de un embrión generado por reproducción sexual (Farnsworth, 2000). Uno de los casos de viviparidad más conocidos es el de los manglares, en las familias Rhizophoraceae y Avicenniaceae (van der Pijl, 1982; Elmqvist & Cox, 1996).

La viviparidad habría surgido como respuesta a factores potencialmente perjudiciales para el desarrollo de los embriones en el suelo tales como temperaturas extremas, impredecibilidad ambiental, entornos demasiado secos, y vulnerabilidad de las semillas a depredación y ataques microbianos (Elmqvist & Cox, 1996). El 89% de las especies con germinación vivípara ocupa bosques húmedos, laderas, o ambientes inundados y muchas especies (ca. 79%) son nativas de los trópicos (Farnsworth, 2000).

La germinación vivípara es un fenómeno escaso en angiospermas, documentado solamente para 143 géneros y 195 especies, lo que representa aproximadamente el 0,1 % del total de plantas con flores (Cota-Sánchez & Abreu, 2007). Parece ser menos frecuente en monocotiledóneas en relación a las restantes angiospermas, y ha sido registrada en unos pocos miembros de las familias Amaryllidaceae, Araceae, Arecaceae, Asparagaceae, Bromeliaceae, Cymodoceaceae, Cyperaceae, Juncaceae, Liliaceae, Marantaceae, Poaceae y Zingiberaceae (van der

¹ Programa de Biología, Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Universidad del Quindío, Apdo. Postal 2639 Armenia, Quindío, Colombia.

² División Plantas Vasculares, Museo de La Plata, Paseo del Bosque s/n, 1900 La Plata, Argentina.

³ Autor para correspondencia: katinas@fcnym.unlp.edu.ar

Pijl, 1982; Elmqvist & Cox, 1996; Bhadra *et al.*, 2013). En Marantaceae, Kennedy (2000) registró la aparición de plántulas vivíparas en plantas cultivadas de *Marantochloa congestis* (K. Schum.) J. Léonard & Mullend. Ese sería hasta el momento el único registro en la familia, aunque la autora no profundizó en el estudio de este fenómeno.

La familia Marantaceae (31 géneros, ca. 550 especies) es pantropical, con unas 450 especies distribuidas en el Nuevo Mundo (Kennedy *et al.*, 1988; Borchsenius *et al.*, 2012; APG, 2016). La mayoría de las especies (ca. 248) pertenecen al género *Goepertia* Nees, caracterizado por sus especies herbáceas con inflorescencias simples y lóbulos corolinos erectos o extendidos (Borchsenius *et al.*, 2012; Saka & Lombardi, 2015). Los miembros de esta familia generalmente viven en el sotobosque de bosques semidecíduos, selvas lluviosas y selvas nubladas hasta los 1500 metros, raramente superan los 2000 metros (Kennedy, 2000).

Goepertia inocephala (Kuntze) Borsch. & S. Suárez (Marantaceae) es una especie acaulescente de hasta 3 m de alto, rizomatosa, con vástagos foliares frondosos y una inflorescencia glomerulosa, ovoide a cilíndrica, terminal, sostenida por un eje áfilo (Fig. 1A). Se distribuye en los bosques húmedos de América Central y América del Sur hasta Ecuador.

Hasta ahora, poco se conocía de la reproducción de esta especie. Los únicos estudios sobre *Goepertia inocephala* se refieren a breves descripciones (bajo el nombre *Calathea inocephala* (Kuntze) H. Kenn. & Nicolson) en floras (e.g., Croat, 1978; Hammel, 1986) y a menciones en estudios sobre dispersión de semillas (Horvitz, 1981; Horvitz *et al.*, 2002). Observaciones de las inflorescencias de *G. inocephala* en el sotobosque de un área de Colombia llamaron nuestra atención como un posible caso de viviparidad. El objetivo de este trabajo es reportar la viviparidad en *Goepertia inocephala*.

MATERIAL Y MÉTODO

Para la nomenclatura se sigue a Borchsenius *et al.* (2012). Se estudiaron dos poblaciones silvestres de *Goepertia inocephala* del sotobosque de un bosque mixto, con predominio de *Guadua angustifolia* Kunth (Poaceae), situado en la zona de transición entre un bosque húmedo premontano y un bosque muy húmedo premontano, de acuerdo a la clasificación de Holdridge

(2000). La zona de estudio se encuentra ubicada en la vertiente occidental de la Cordillera Central de Colombia, en altitudes entre 1100 y 1270 m, en lo que se conoce administrativamente como Reserva La Montaña del Ocaso del municipio de Quimbaya, departamento del Quindío (4°34'08" N, 75°51'03" W). Los suelos de esta zona corresponden a la unidad Malabar formado por material parental de cenizas volcánicas que han evolucionado intensamente, con alto contenido de materia orgánica (Patiño-González *et al.*, 2006; Aguilar-Isaza *et al.*, 2010). Esta zona tiene una temperatura promedio de 24° C, humedad relativa de 76 % y unos 1690 mm³ de precipitación anual. El muestreo se realizó al inicio del período de lluvias comprendido entre los meses de septiembre-octubre.

Se recolectaron infrutescencias provenientes de las dos poblaciones de *G. inocephala* separadas unos 1000 m una de la otra. Cada población estaba compuesta por varios individuos con 4 a 6 ejes con infrutescencias maduras cada uno. Se extrajeron tres infrutescencias de la primera población y dos de la segunda. El material fue analizado en el Laboratorio de Biotecnología del Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología de la Universidad del Quindío-CIBUQ, Colombia, donde se hidrataron las inflorescencias con agua corriente por un período de 24 horas. Posteriormente se extrajeron las semillas germinadas y se realizaron mediciones de sus partes.

Material estudiado. *Goepertia inocephala*. COLOMBIA. Dpto. Quindío: Mun. Quimbaya, Vereda El Laurel, Reserva La Montaña del Ocaso, 1133 m, 8-VI-2007, P. Sepúlveda *et al.* 182 (HUQ).

RESULTADOS

Las infrutescencias tienen la capacidad de almacenar una considerable cantidad de humedad, fenómeno observado tanto en su ambiente natural como en el laboratorio cuando se sometieron a hidratación. Ello ocasiona que en la madurez se tornen fétidas, laceradas en fibras y con numerosos invertebrados en su interior. Las brácteas que rodean a los frutos son de disposición espiralada e imbricada (Fig. 1B), papiráceas, amarillas cuando jóvenes y castañas a la madurez. El fruto es una cápsula trilocular, obovada, de superficie rugosa, color naranja, que alberga tres semillas gibosas, de color púrpura (marrón oscuro a la

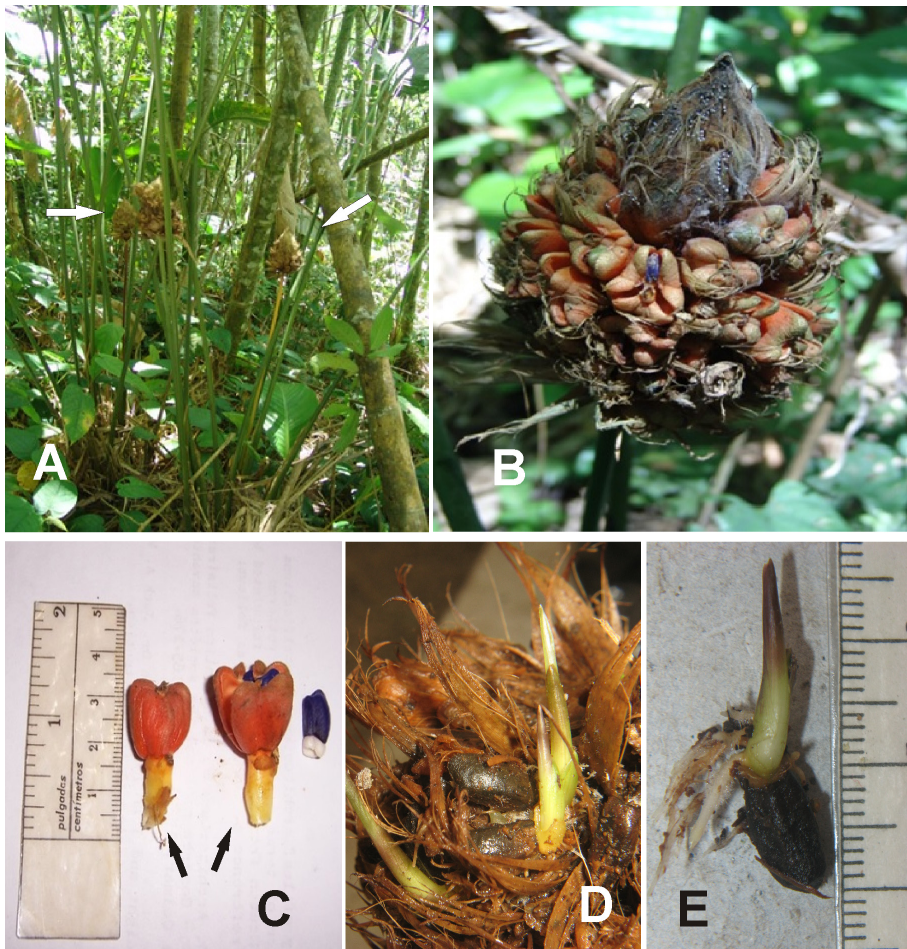


Fig. 1. *Goeppertia inocephala*. **A:** Planta con inflorescencias (flechas). **B:** Detalle de una infrutescencia. **C:** Fruto cápsula y semilla púrpura con arilo carnoso blanco; las flechas señalan las raíces de las semillas germinadas. **D:** Semillas germinadas en las cápsulas dentro de la infrutescencia, entremezcladas con las brácteas. **E:** Propágulo con desarrollo del sistema radicular.

madurez), con un arilo blanco, carnoso (Fig. 1C). Las semillas germinadas en fruto, maduras, tienen 0,9-12 mm de longitud, testa de color marrón oscuro y el arilo desintegrado. Se observaron coleóptilos de 7-14 mm de largo, cotiledones de 1,6-3,0 cm de largo, y un sistema radicular bien desarrollado (Fig. 1D, E).

Cada infrutescencia de *G. inocephala* tiene entre 25 a 30 cápsulas, y cada cápsula contiene tres semillas. En las cinco infrutescencias recolectadas se observó que, dado el estado avanzado de madurez de las mismas, muchas semillas habían caído al suelo. Por ello, en las cinco infrutescencias sólo se hallaron 77

cápsulas que aún contenían semillas en su interior. Se observó un total de 231 semillas, de las cuales 84 estaban germinadas en la infrutescencia y el resto sin germinar.

DISCUSIÓN

Se confirma en este trabajo el primer caso de viviparidad para el género *Goeppertia*, constituyendo este el segundo registro para Marantaceae, después de *Marantochloa congensis* (Kennedy, 2000).

Bhadra *et al.* (2013) consideran que la viviparidad no es una tendencia natural en Zingiberales, orden al que pertenece la familia Marantaceae, y que solo ocurre en condiciones excepcionales como consecuencia de los climas extremos y estacionales de las regiones tropicales donde habitan estos taxones. Las plantas vivíparas de *Goepertia inocephala* se hallaron en el bosque mixto asociado a la bambúsea *Guadua angustifolia* en los meses posteriores a un período seco, cuando se inician las lluvias de septiembre-octubre. La gran cantidad de hojarasca caída de *Guadua* durante la sequía tarda mucho tiempo en descomponerse generando suelos que no proveen las condiciones óptimas para el desarrollo de los propágulos de *G. inocephala*. Por otro lado, las inflorescencias de esta especie tienen la peculiaridad de acumular gran cantidad de agua entre sus brácteas, favoreciendo las condiciones de humedad adecuadas para la maduración y germinación de las futuras semillas dentro de los frutos. Este fenómeno ha sido registrado en especies de Fabaceae donde la humedad en las inflorescencias sería el factor desencadenante de la germinación vivípara (Majumdar *et al.*, 2004). Incluso, el arilo carnoso de las semillas de *G. inocephala* podría considerarse, además de una atracción para las hormigas y las aves (Horvitz, 1981; Horvitz *et al.*, 2002), otra fuente de reserva de agua para el embrión. En otras especies vivíparas se ha encontrado que ciertas características de las semillas contribuirían a la reserva de agua para el embrión, como tegumentos gruesos o el endosperma constituido por tejidos con gran contenido de agua (van der Pijl, 1982). El beneficio que otorga a las semillas la humedad contenida en las inflorescencias de *G. inocephala* se corrobora por el visible desarrollo de los embriones y sus raíces en la planta materna, donde hallan su fuente principal de nutrientes hasta alcanzar el nivel de plántula antes de iniciar el proceso de dispersión. Ello le facilitaría a las nuevas plantas la competencia entre los individuos al llegar al suelo.

Desde un punto de vista evolutivo, la distribución tropical actual del clado compuesto por las familias Cannaceae, Costaceae, Marantaceae y Zingiberaceae (Kress & Specht, 2005) habría surgido como un proceso de diversificación a partir de un ancestro americano

donde algunos miembros de este grupo, en su proceso de dispersión hacia nuevos hábitats tropicales, debieron soportar alta radiación solar y extensos períodos de sequía. Tal sería el caso de algunas especies de Zingiberaceae que debieron adaptarse al régimen marcadamente estacional de los monzones del sudeste asiático (Wood *et al.*, 2000; Kress & Specht, 2005). Entre las adaptaciones en estos grupos a dichas condiciones se encuentran la capacidad de permanecer en estado de dormancia por períodos de cuatro a seis meses, la propagación vegetativa por rizomas y la viviparidad (Kress & Specht, 2005).

Algunos autores (Elmqvist & Cox, 1996; Ferriere, 2000) no consideran a la viviparidad como una ventaja pues disminuiría la capacidad de dispersión de los individuos, que persisten más tiempo en la planta madre y por lo tanto no ocupan nuevos hábitats. Sin embargo, en ciertos casos como el aquí estudiado de *Goepertia inocephala*, la viviparidad representa un cambio en la reproducción hacia un mecanismo más eficiente que favorecería la germinación en condiciones óptimas de humedad y un mejor establecimiento de las plántulas al caer a un suelo que no es totalmente favorable.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos las sugerencias de los editores y revisores y el apoyo brindado por el Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología y a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Quindío-CIBUQ, al CONICET (PIP 5604), ANPyCT (PICT 01683), y a la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR-ISAZA, N., D. LÓPEZ-OBANDO, A. BOTERO-BOTERO & G. GÓMEZ-MARÍN. 2010. Zonificación paisajística de la hacienda El Ocaso, Quimbaya, Quindío. *RIUQ* 20: 9-17.
- APG (THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP). 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.

- BHADRA, S., M. GHOSH, A. MUKHERJEE & M. BANDYOPADHYAY. 2013. Vivipary in *Hedychium elatum* (Zingiberaceae). *Phytotaxa* 130: 55-59.
- BORCHSENIUS, F., L. S. SUÁREZ SUÁREZ & L. M. PRINCE. 2012. Molecular phylogeny and redefined generic limits of *Calathea* (Marantaceae). *Syst. Bot.* 37: 620-635.
- COTA-SÁNCHEZ, J. H. & D. D. ABREU. 2007. Vivipary and offspring survival in the epiphytic cactus *Epiphyllum phyllanthus* (Cactaceae). *J. Exp. Bot.* 58: 3865-3873.
- CROAT, T. B. 1978. *Flora of Barro Colorado Island*. Stanford University Press, Stanford, California.
- ELMQVIST, T. & P. A. COX. 1996. The evolution of vivipary in flowering plants. *Oikos* 77: 3-9.
- FARNSWORTH, E. 2000. The ecology and physiology of viviparous and recalcitrant seeds. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 31: 107-138.
- FERRIERE, R. 2000. *Adaptive responses to environmental threats: Evolutionary suicide, insurance, and rescue*. Options Spring 2000, pp. 12-16. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.
- HAMMEL, B. E. 1986. The Vascular Flora of La Selva Biological Station, Costa Rica - Marantaceae. *Selbyana* 9: 234-242.
- HOLDRIDGE, L. 2000. *Ecología basada en zonas de vida*. Quinta reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica.
- HORVITZ, C. C. 1981. Analysis of how ant behaviors affect germination in a tropical myrmecochores *Calathea microcephala* (P. & E.) Koernicke (Marantaceae): Microsite selection and aril removal by neotropical ants, *Odontomachus*, *Pachycondyla*, and *Solenopsis* (Formicidae). *Oecologia* 51: 47-52.
- HORVITZ, C. C., M. A. PIZO, B. BELLO Y BELLO, J. LECORFF & R. DIRZO. 2002. Are plant species that need gaps for recruitment more attractive to seed-dispersing birds and ants than other species? In: D. J. LEVEY, W. R. SILVA & M. GALETTI (eds.), *Dispersal and frugivory: Ecology, evolution, and conservation*, pp.145-159. CABI Publishing, Oxon, UK and New York.
- KENNEDY, H., L. ANDERSSON & M. HAGBERG. 1988. Marantaceae. In: HARLING, G. & A. LENNART (eds.), *Flora of Ecuador*, vol. 32, pp. 14-193. Gleerup Publ., Utrecht.
- KENNEDY, H. 2000. Diversification in pollination mechanisms in the Marantaceae. In: WILSON, K. L. & D. A. MORRISON (eds.), *Monocots: Systematics and evolution*, pp. 335-343. Morrison, CSIRO, Melbourne.
- KRESS, W. J. & C. D. SPECHT. 2005. Between Cancer and Capricorn: Phylogeny, evolution and ecology of the primarily tropical Zingiberales. *Biol. Skr.* 55: 459-478.
- MAJUMDAR, S., S. BANERJEE & K. K. DE. 2004. Vivipary in white clover (*Trifolium repens* L.). *Curr. Sci.* 86: 29-30.
- PATÍÑO-GONZÁLEZ, M. A., S. SADEGHIAN-KHALAJABADI & E. C. MONTOYA-RESTREPO. 2006. Caracterización de la fertilidad del suelo en la zona cafetera del Valle del Cauca mediante registros históricos. *Cenicafé* 57: 7-16.
- SAKA, M. N. & J. A. LOMBARDI. 2015. Nomenclatural notes on *Goepertia* (Marantaceae). *Phytotaxa* 222: 155-158.
- VAN DER PIJL, L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. 3rd ed. Springer, Berlin.
- WOOD, T. H., W. M. WHITTEN & N. H. WILLIAMS. 2000. Phylogeny of *Hedychium* and related genera (Zingiberaceae) based on ITS sequence data. *Edinburgh J. Bot.* 57: 261-270.

Recibido el 19 de diciembre de 2017, aceptado el 27 de febrero de 2018. Editora: Ana Calviño.

