

Riqueza de micro-organismos endofíticos em espécies da família Cactaceae

Jadson D. P. Bezerra^{*1}, Diogo H. G. Lopes², Marília G. S. Santos², Virgínia M. Svedese², Laura M. Paiva², Jarcilene S. Almeida-Cortez³ & Cristina M. Souza-Motta¹.

* Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos (Post-Graduate Program in Biology of Fungi, Federal University of Pernambuco).

⁽¹⁾ Micoteca URM, ⁽²⁾ Laboratório de Citologia e Genética de Fungos, Departamento de Micologia e ⁽³⁾ Laboratório de Ecologia Aplicada, Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Professor Nelson Chaves, s/no, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil.
Correio electrónico: jadsondpb@gmail.com

Resumo

Fungos endofíticos vivem nos tecidos internos das plantas sem lhes causar danos aparentes. Contribuem para que o hospedeiro seja resistente a estresses bióticos e abióticos e tem sido descritos como protetores contra o ataque de outros micro-organismos, insetos, e animais herbívoros. Além dos benefícios ecológicos, podem ser utilizados em processos biotecnológicos, como na produção de enzimas e compostos de importância farmacológica, por exemplo. Pouco ainda se sabe sobre a verdadeira relação dos endófitos com as plantas e menos ainda sobre a contribuição deles na associação com espécies da família Cactaceae. O estudo da comunidade de endófitos de plantas de regiões áridas, semiáridas, desértica e também de floresta tropical seca contribuirá para o conhecimento desta biodiversidade ainda desconhecida.

Palavras-chaves: Endófitos, ambientes extremos, cactos, fungos e bactérias endofíticas

Richness of microorganisms endophytic in species of the family Cactaceae

Abstract

Endophytic fungi live in the internal tissues of plants without causing any apparent damage. Contribute to that the host is resistant to biotic and abiotic stresses and has been described as protectors against attack by other microorganisms, insects and herbivorous animals. Besides the ecological benefits they can be used in biotechnological processes as in the production of enzymes and compounds of pharmacological importance, for example. Few is known about the true relationship of endophytes with plants and even less about their contribution in association with species of the family Cactaceae. The study of the community of endophytes of plants from arid, semiarid, desert and also of tropical dry forest will contribute in knowledge of this biodiversity still unknown.

Keywords: Endophytes, extreme environments, cacti, fungi and bacteria endophytic

Introdução

Os micro-organismos endofíticos são definidos como aqueles que podem ser isolados do interior de tecidos vegetais desinfestados superficialmente e que não causam danos ao hospedeiro (Hallmann *et al.* 1997). Podem desempenhar um papel importante na sobrevivência das plantas, melhorando a absorção de nutrientes (Malinowski *et al.* 1999), desenvolvimento e pro-

dução de metabólitos de promoção do crescimento, como giberelinas (Choi *et al.* 2005) e auxinas (Dai *et al.* 2008), auxiliando na adaptabilidade ecológica do hospedeiro por incrementar a tolerância a estresses bióticos e abióticos (Strobel *et al.* 1996). Além de atuar na degradação de compostos poluidores do ambiente, como o plástico (Russell *et al.* 2011) e também serem utilizados pelas indústrias de biotecnologia na produção de enzimas (Tan & Zou 2001) e compostos de importância farmacológica, como anticancerígenos (Chandra 2012), por exemplo.

Os endófitos são abundantes e ocupam uma infinidade de nichos biológicos únicos, por exemplo, plantas superiores (Strobel & Daisy 2003), pteridófitas (Sati *et al.* 2009) e líquens (Li *et al.* 2007). Eles também são evidentes em muitos ambientes incomuns, tais como raízes de orquídeas terrestres, plantas marinhas, gramíneas, algas (Strobel & Daisy 2003, Tao *et al.* 2008), musgos (Davey & Currah 2006), samambaias (Swatzell *et al.* 1996), plantas arbustivas (Olsrud *et al.* 2007) decíduas e coníferas (Albrechtsen *et al.* 2010). Fungos endofíticos existem amplamente dentro de tecidos vegetais e são ricos em diversidade de espécies (Li *et al.* 2007). Observações sugerem que sua associação com as plantas ocorreram há de mais de 400 milhões de anos (Krings *et al.* 2007).

A maioria das pesquisas sobre a associação endofítica têm sido realizadas utilizando-se plantas de regiões tropicais úmidas e temperadas (Azevedo *et al.* 2000) e poucos são os estudos verificando essa relação com plantas de ambientes áridos, semiáridos ou desérticos, além das florestas tropicais secas.

A comunidade endofítica de espécies da família Cactaceae foi verificada apenas por Fisher *et al.* (1994), Suryanarayanan *et al.* (2005) e Bezerra *et al.* (2012) que estudaram a composição endofítica fúngica em plantas de regiões da Austrália, Arizona e Brasil, respectivamente. Puente *et al.* (2004a, 2004b, 2009a, 2009b) e Lopez *et al.* (2011, 2012) acessaram a composição de bactérias endofíticas em espécies de cactos em regiões desérticas do México.

Devido à importância da preservação das Cactaceae em seus mais diversos ambientes e do conhecimento dessa associação entre os micro-organismos endofíticos e as plantas hospedeiras, o estudo de endófitos (fungos e/ou bactérias) contribuirá com o entendimento da relação micro-organismo-cacto e sua ajuda na adaptação das plantas em ambientes considerados extremos.

Fungos endofíticos e a relação com o hospedeiro

Uma parcela dos micro-organismos, principalmente bactérias e fungos, habitam o interior das plantas, são os endófitos, que segundo Petrini (1991) colonizam os tecidos sadios de partes aéreas da planta em algum tempo do seu ciclo de vida sem causar-lhes danos aparentes, nem produzindo estruturas externas visíveis (Azevedo *et al.* 2000). A diferenciação entre endófitos, epifíticos (micro-organismos que vivem na superfície de plantas) e fitopatógenos (que causam doenças em plan-





Figura 1: (A) *Opuntia ficus-indica* (B e C) exemplo da colonização dos fragmentos de *O. ficus-indica* por fungos endofíticos.

tas) depende do estágio da interação do micro-organismo com o hospedeiro (Strobel *et al.* 2004), portanto, a aplicação destes termos tem puro significado didático havendo ainda dificuldades em determinar limites entre eles (Azevedo *et al.* 2000).

De um único vegetal podem ser obtidos de dezenas a centenas de isolados, e a partir deste único hospedeiro uma espécie pode se mostrar específica (Siqueira *et al.* 2008, 2011). Hawksworth & Rossman (1997) sugeriram que uma planta poderia ser habitat de cerca de seis espécies de fungos, mas depois da inclusão de fungos endofíticos, essa relação foi aumentada para cerca de 33 espécies de fungos para cada planta (principalmente do filo Ascomycota, contudo, Basidiomycota e Zygomycetes também têm sido isolados), confirmando o fato de que os endófitos são um componente importante da diversidade microbiana (Tan & Zou 2001, Strobel & Dayse 2003).

Os endófitos podem ser transmitidos verticalmente, quando penetram pelas sementes ou pela zona radicular, horizontalmente quando penetram através dos estômatos ou diretamente na parede celular utilizando apressórios e haustórios (Saikkonen *et al.* 2004). A colonização endofítica pode ser intracelular e limitada a poucas células, intercelular e localizada ou ainda inter e intracelular sistêmica e pode se desenvolver em qualquer tecido ou órgão do vegetal: raiz, caule, ramos, folhas, flores e frutos (Schulz & Boyle 2005, Johri 2006). O estudo dos fungos endofíticos pode ser realizado entre os micro-organismos cultiváveis e não-cultiváveis a partir do seu isolamento em meios de cultura e sob condições controladas, pela sua observação direta a partir de técnicas de microscopia ou pela detecção através de técnicas de amplificação de DNA (Schulz & Boyle 2005; Lacava *et al.* 2010).

A interação endófito/planta é complexa e dependente de diferentes fatores como características do vegetal, do micro-organismo e do ambiente (Owen & Hundley 2004). A relação que se estabelece tem sido bastante questionada, existindo duas hipóteses principais: a do

equilíbrio antagônico e da simbiose mutualística (Schulz & Boyle 2005).

Investigações detalhadas da micobiota interna de plantas frequentemente descobrem novas taxa e revela novas distribuições das espécies já conhecidas. Pelo fato dos endófitos não serem facilmente perceptíveis, a diversidade de espécies da micobiota interna ser relativamente alta e uma pequena porção de potenciais hospedeiros terem sido até então examinados, endófitos representam um número substancial de fungos ainda não descobertos (Arnold *et al.* 2000). Investigações detalhadas da microbiota fúngica endofítica de vegetais economicamente importantes, frequentemente revela novos taxa. Estudos sobre fungos endofíticos são necessários para fornecer informações fundamentais sobre a avaliação da diversidade e distribuição global desses micro-organismos (Stone *et al.* 2004).

Endófitos e espécies da família Cactaceae

Apesar dos poucos trabalhos verificando a associação endofítica com plantas de ambientes áridos, semiáridos e/ou desérticos, eles têm demonstrado a importância de conhecimento da comunidade endofítica dessas plantas. A partir das observações, algumas hipóteses sobre a relação micro-organismos-planta hospedeira têm sido levantadas, estimulando o estudo dos cactos e sua associação com os micro-organismos endofíticos.

O primeiro trabalho verificando a associação de fungos endofíticos e cactos, foi realizado por Fischer *et al.* (1994) na Austrália, quando estudaram a composição da comunidade endofítica fúngica de *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. No estudo de 600 fragmentos de cladódios de *O. stricta*, os autores isolaram 617 fungos endofíticos distribuídos entre 23 espécies (Ascomycota), sugerindo que duas delas, *Coniothyrium opuntiae* e *Phomopsis cacti*, possuem hospedeiro específico.

Suryanarayanan *et al.* (2005), estudando a comunidade endofítica fúngica de 21 espécies de cactos ocorrendo em várias localidades do Arizona, isolaram 900 endófitos pertencentes a 22 espécies de fungos (Ascomycota). Os autores destacaram que *Cylindropuntia fulgida* (Engelm.) F.M. Knuth teve a máxima diversidade de espécies endofíticas, enquanto *C. ramosíssima* (Engelm.) F.M. Knuth abrigou o maior número de endófitos isolados. As observações feitas também indicaram que a diversidade de fungos foi baixa e a preferência de colonização de cactos hospedeiros não foi observada. No entanto, a frequência de colonização de poucas espécies de endófitos foi alta e comparável às plantas hospedeiras tropicais. *Alternaria* sp., *Aureobasidium pullulans* e *Phoma* spp. foram a maioria dos endófitos isolados dos cactos estudados.

No Brasil, Bezerra *et al.* (2012) verificaram a ocorrência de fungos endofíticos em *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., cultivada em larga escala em regiões semiáridas que abrigam a floresta tropical seca (Caatinga). Nesse estudo, verificouse que fungos do gênero *Cladosporium* foram mais frequentemente encontrados. Os autores isolaram 44 fungos pertencentes a 13 espécies (Ascomycota) (Fig. 1).

Apesar da relação endofítica ainda não ser totalmente compreendida, as observações feitas sugerem que espécies da família Cactaceae preferem ser colonizadas por fungos pigmentados (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Phoma*, por exemplo) que podem estar conferindo à planta hospedeira tolerância à seca/aridez (Khidir et al. 2009, Loro et al. 2012) e outros fatores bióticos e/ou abióticos das regiões onde as plantas são encontradas. Por exemplo, Redman et al. (2002) verificaram que *Curvularia* isolada de *Dichantherium* promoveu, em condições de laboratório, proteção termal para o hospedeiro; Azevedo et al. (2000) também observaram que micro-organismos endofíticos podem ser

utilizados como agentes de controle biológico de pragas.

Suryanarayanan et al. (2003) ainda sugerem que a comunidade de fungos endofíticos parece ser menos diversa em floresta tropical seca que em floresta tropical úmida, confirmando a necessidade de mais estudos verificando essa associação com plantas de regiões consideradas extremas onde a biodiversidade é subestimada.

Outros estudos também verificaram a associação de bactérias endofíticas com cactos. Por exemplo, Puente et al. (2004a, 2004b, 2009a, 2009b) estudaram o benefício dessa associação em raízes e na germinação de semen-

Tabela 1. Espécies da família Cactaceae que foram estudadas quanto à composição endofítica.

Cactaceae	Micro-organismos endofíticos (gêneros)	Referências
<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw.	Fungos: <i>Alternaria</i> , <i>Ascochyta</i> , <i>Aureobasidium</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Coniella</i> , <i>Coniothyrium</i> , <i>Epicoccum</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Geniculosporium</i> , <i>Leptosphaeria</i> , <i>Nigrospora</i> , <i>Nodulisporium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Phoma</i> , <i>Phomopsis</i> , <i>Sordaria</i>	Fisher et al. 1994
<i>Opuntia</i> Mill. <i>O. ficus-indica</i> (L.) Mill. <i>O. engelmannii</i> Salm-Dyck ex Engelm. <i>Carnegiea gigantea</i> (Engelm.) Britton & Rose <i>Consolea</i> Lem. <i>Cylindropuntia</i> (Engelm.) F.M. Knuth <i>C. acanthocarpa</i> (Engelm. & J.M. Bigelow) F.M. Knuth <i>C. arbuscula</i> (Engelm.) F.M. Knuth <i>C. bigelovii</i> (Engelm.) F.M. Knuth <i>C. californica</i> (Torr. & A. Gray) F.M. Knuth <i>C. echinocarpa</i> (Engelm. & J.M. Bigelow) F.M. Knuth <i>C. fulgida</i> (Engelm.) F.M. Knuth <i>C. imbricata</i> (Haw.) F.M. Knuth <i>C. multigeniculata</i> Backeb. <i>C. ramosissima</i> (Engelm.) F.M. Knuth <i>C. versicolor</i> (Engelm. ex J.M. Coult.) F.M. Knuth <i>C. whipplei</i> (Engelm. & J.M. Bigelow) F.M. Knuth <i>Echinocereus fasciculatis</i> (Engelm. ex S. Watson) L.D. Benson <i>E. engelmannii</i> (Parry ex Engelm.) Lem. <i>Mammillaria viridiflora</i> (Britton & Rose) Boed.	Fungos: <i>Alternaria</i> , <i>Ascochyta</i> , <i>Aureobasidium</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Coniothyrium</i> , <i>Drechslera</i> , <i>Epicocum</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Nigrospora</i> , <i>Pestalotiopsis</i> , <i>Phoma</i> , <i>Stemphylium</i> , <i>Ulocladium</i>	Suryanarayanan et al. 2005
<i>Pachycereus pringlei</i> (S. Watson) Britton & Rose <i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxb. <i>Opuntia cholla</i> F.A.C. Weber	Bactérias: <i>Acinetobacter</i> , <i>Actinomadura</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Paenibacillus</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Staphylococcus</i>	Puente et al. 2004a; 2004b; 2009a; 2009b
<i>Mammillaria fraileana</i> (Britton & Rose) Boed.	Bactérias: <i>Azotobacter</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i>	Lopez et al. 2011; 2012
<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Fungos: <i>Acremonium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Monodictys</i> , <i>Nigrospora</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Pestalotiopsis</i> , <i>Phoma</i> , <i>Phomopsis</i> , <i>Tetraploa</i> , <i>Xylaria</i>	Bezerra et al. 2012
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Fungos	Bezerra et al. (não publicado)



tes de espécies de Cactaceae que se desenvolvem em áreas rochosas do México. Lopez *et al.* (2011, 2012) também observaram que a associação de bactérias endofíticas pode influenciar na germinação de sementes de cactos, crescimento da planta e estabelecimento dessas espécies sobre as rochas ou em áreas rochosas e/ou desérticas em regiões mexicanas, além de mobilizar elementos a partir das rochas, aumentar a atividade fotossintética, teor de nitrogênio e biomassa.

A tabela 1 apresenta espécies da família Cactaceae que foram estudadas quanto à composição endofítica.

Conclusões

O estudo da associação endofítica com plantas de ambientes considerados extremos (alta umidade, temperatura e pH, entre outros fatores) contribuirá no entendimento da relação desses micro-organismos com os seus hospedeiros. A relação dos endófitos com espécies da família Cactaceae é um dos passos para o entendimento das adaptações que essas plantas possuem e que facilitam a sua presença e resistência em ambientes áridos, semiáridos, desérticos e outros, além de contribuir com o conhecimento da biodiversidade microbiana que está associada com essas espécies. Os micro-organismos endofíticos são uma provável fonte de compostos biotecnologicamente ativos que, além de contribuir com as relações ecológicas das plantas, podem trazer benefícios para atividades humanas, inclusive promovendo a mínima utilização de compostos que poluem o ambiente. Outros estudos verificando essa associação são necessários para que se tenha um prévio entendimento de como os micro-organismos preferem colonizar os hospedeiros e como as plantas deixam-se habitar por fungos e bactérias endofíticas. A preservação de espécies de Cactaceae e outras suculentas contribuirá com a descoberta de endófitos ainda não descritos pela comunidade científica, conhecimento de novos habitats de espécies já relatadas e os benefícios dos micro-organismos endofíticos para as plantas hospedeiras.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade – SISBIOTA Brasil (Processo 563304/2010-3), Instituto Fazenda Tamanduá, Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pelo incentivo e apoio financeiro para a realização dos projetos. Nós também estendemos nossos agradecimentos as Profas. Maria José Santos Fernandes e Débora Maria Massa Lima (Micoteca URM) e aos estudantes do Laboratório de Citologia e Genética de Fungos (UFPE).

Referências

Albrechtsen BR, Bjorken L, Varad A, Hagner A, Wedin M, Karlsson J, Jansson S.

2010. Endophytic fungi in European aspen (*Populus tremula*) leaves diversity, detection, and a suggested correlation with herbivory resistance. *Fungal Divers.* 41: 17-28.

Arnold AE, Maynard Z, Gilbert GS, Coley PD, Kursar TA. 2000. Are tropical endophytes fungi hyperdiverse? *Ecol. Lett.* 3: 267-274.

Azevedo JL, Maccheroni Jr.W, Pereira JO, Araújo WL. 2000. Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. *Electron. J. Biotechnol.* 3: 40-65.

Bezerra JDPB, Santos MGS, Svedese VM, Lima DMM, Fernandes MJS, Paiva LM, Souza-Motta CM. 2012. Richness of endophytic fungi isolated from *Opuntia ficus-indica* Mill. (Cactaceae) and preliminary screening for enzyme production. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 28: 1989-1995.

Chandra S. 2012. Endophytic fungi: novel sources of anticancer lead molecules. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 95: 47-59.

Choi WY, Rim SO, Lee JH, Lee JM, Lee IJ, Cho KJ, Rhee IK, Kwon JB, Kim JG. 2005. Isolation of gibberellins producing fungi from the root of several *Sesamum indicum* plants. *J. Microbiol. Biotechnol.* 15: 22-28.

Dai CC, Yu BY, Li X. 2008. Screening of endophytic fungi that promote the growth of *Euphorbia pekinensis*. *Afr. J. Biotechnol.* 7: 3505-3510.

Davey ML, Currah RS. 2006. Interactions between mosses (Bryophyta) and fungi. *Can. J. Bot.* 84: 1509-1519.

Fischer PJ, Sutton BC, Petrini LE, Petrini O. 1994. Fungal endophytes from *Opuntia stricta*: a first report. *Nova Hedwigia* 59: 195-200.

Hallmann JA, Quadt-Hallmann W, Mahaffee F, Kloepper JW. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Can. J. Microbiol.* 43: 895-914.

Hawksworth DL, Rossman AY. 1997. Where are all the undescribed fungi? *Phytopathology* 87: 888-891.

Johri BN. 2006. Endophytes to the rescue of plants! *Curr. Sci. India* 90: 1315-1316. Khidir HH, Eudy DM, Porras-Alfaro A, Herrera J, Natvig DO, Sinsabaugh RL. 2010. A general suite of fungal endophytes dominate the roots of two dominant grasses in a semiarid grassland. *J. Arid Environ.* 74: 35-42.

Krings M, Taylor TN, Hass H, Kerp H, Dotzler N, Hermsen EJ. 2007. Fungal endophytes in a 400-million-yr-old land plant: infection pathways, spatial distribution, and host responses. *New Phytol.* 174: 648-657.

Lacava PT, Sebastiane FLS, Azevedo JL. 2010. Fungos endofíticos: biodiversidade e aplicações biotecnológicas. In: Esposito E, Azevedo JL. (orgs.). Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia. Caxias do Sul, Educ, 638p.

Li WC, Zhou J, Guo SY, Guo LD. 2007. Endophytic fungi associated with lichens in Baihua mountain of Beijing, China. *Fungal Divers.* 25: 69-80.

Lopez BR, Bashan Y, Bacilio M. 2011. Endophytic bacteria of *Mammillaria fraileana*, an endemic rock-colonizing cactus of the southern Sonoran Desert. *Arch. Microbiol.* 193: 527-541.

Lopez BR, Tinoco-Ojanguren C, Bacilio M, Mendoza A, Bashan Y. 2012. Endophytic bacteria of the rock-dwelling cactus *Mammillaria fraileana* affect plant growth and mobilization of elements from rocks. *Environ. Exp. Bot.* 81: 26-36.

Loro M, Valero-Jiménez CA, Nozawac S, Márquez LM. 2012. Diversity and composition of fungal endophytes in semiarid Northwest Venezuela. *J. Arid Environ.* 85: 46-55.

Malinowski DP, Brauer DK, Belesky DP. 1999. *Neotyphodium coenophialum*-endophyte affects root morphology of tall fescue grown under phosphorus deficiency. *J. Agron. Crop Sci.* 183: 53-60.

Olsrud M, Michelsen A, Wallander H. 2007. Ergosterol content in ericaceous hair roots correlates with dark septate endophytes but not with ericoid mycorrhizal colonization. *Soil Biol. Biochem.* 39:1218-1221.

Owen NL, Hundley N. 2004. Endophytes – the chemical synthesizers inside plants. *Sci. Prog.* 87: 79-99.

Petrini O. 1991. Fungal endophytes of tree leaves. En: Andrews JH, Hirano SS (eds) *Microbial ecology of leaves*. Springer, New York.

Puente ME, Bashan Y, Li CY, Lebsky VK. 2004a. Microbial populations and activities in the rhizosphere of rock-weathering desert plants. I. Root colonization and weathering of igneous rocks. *Plant Biol.* 6: 629-642.

Puente ME, Li CY, Bashan Y. 2004b. Microbial populations and activities in the rhizosphere of rock-weathering desert plants. II. Growth promotion of cactus seedlings. *Plant Biol.* 6: 643-649.

Puente ME, Li CY, BashanY. 2009a. Rock-degrading endophytic bacteria in cacti. *Environ. Exp. Bot.* 66: 389-401.

Puente ME, Li CY, BashanY. 2009b. Endophytic bacteria in cacti seeds can improve the development of cactus seedlings. *Environ. Exp. Bot.* 66: 402-408.



Redman RS, Sheehan KB, Stout RG, Rodriguez RJ, Henson JM. 2002. Thermotolerance generated by plant/fungal symbiosis. *Science* 298: 1581.

Russell JR, Huang J, Anand P, Kucera K, Sandoval AG, Dantzler KW, Hickman D, Jee J, Kimovec FM, David Koppstein D, Marks DH, Mittermiller PA, Núñez SJ, Santiago M, Townes MA, Vishnevetsky M, Williams NE, Vargas MPN, Boulanger L-A, Bascom-Slack C, Strobel SA. 2011. Biodegradation of polyester polyurethane by endophytic fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* 77: 6076-6084.

Saikkonen K, Wäli P, Helander M, Faeth SH. 2004. Evolution of endophyte-plant symbioses. *TRENDS in Plant Sci.* 9: 275-280.

Sati Sc, Pargaen N, Belwal M. 2009. Diversity of aquatic hyphomycetes as root endophytes on pteridophytic plants in Kumaun Himalaya. *J. Am. Sci.* 5: 179-182.

Schulz B, Boyle C. 2005. The endophytic continuum. *Mycol. Res.* 109: 661-686.

Siqueira MV, Braun U, Souza-Motta CM. 2008. *Corynespora subcylindrica* sp. nov., a new hyphomycete species from Brazil and a discussion on the taxonomy of corynespora-like genera. *Sydowia* 60: 113-122.

Siqueira VM, Conti R, Araújo JM, Souza-Motta CM. 2011. Endophytic fungi from the medicinal plant *Lippia sidoides* Cham. and their antimicrobial activity. *Symbiosis* 53: 89-95.

Stone JK, Polishook JD, White JrF. 2004. Endophytic fungi. En: Muller JM, Bills GF, Foster MS. 2004. Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods. San Diego: Elsevier Academic Press, p. 241-270.

Strobel GA, Daisy B, Castillo U, Harper J. 2004. Natural products from endophytic microorganisms. *J. Nat. Prod.* 67: 257-268.

Strobel GA, Daisy B. 2003. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. *Microbiol. Mol. Biol. R.* 67: 491-502.

Strobel GA, Hess WM, Ford E, Sidhu RS, Yang X. 1996. Taxol from fungal endophyte and issue of biodiversity. *J. Ind. Microbiol.* 17: 417-423.

Suryanarayanan TS, Venkatesan G, Murali TS. 2003. Endophytic fungal communities in leaves of tropical forest trees: diversity and distribution patterns. *Current Sci.* 85: 489-493.

Suryanarayanan TS, Wittlinger SK, Faeth SH. 2005. Endophytic fungi associated with cacti in Arizona. *Mycol. Res.* 109: 635-639.

Swatzell LJ, Powell MJ, Kiss JZ. 1996. The relationship of endophytic fungi to the gametophyte of the fern *Schizaea pusilla*. *Int. J. Plant. Sci.* 157: 53-62.

Tan RX, Zou WX. 2001. Endophytes: a rich source of functional metabolites. *Nat. Prod. Rep.* 18: 448-459.

Tao G, Liu ZY, Hyde KD, Lui XZ, Yu ZN. 2008. Whole rDNA analysis reveals novel and endophytic fungi in *Bletilla ochracea* (Orchidaceae). *Fungal Divers.* 33: 101-122.

Se recupera la población de *Melocactus holguinensis* (Cactaceae) en la localidad Matamoros, Holguín, Cuba

Frander B. Riverón-Giró¹, Alfredo García-González² & Yamileth Hernández Montero¹

¹ Jardín Botánico de Holguín. Carretera al Valle de Mayabe, km 5 ½, Holguín, Cuba

² Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales (ECOVIDA). Carretera a Luís Lazo, km 2 ½, Pinar del Río, Cuba

Correo electrónico: frander@cisat.cu

Las serpentinillas de la provincia Holguín, Cuba, presentan un alto endemismo florístico, con más de 20 endémicos locales (Borhidi 1996). Una de estas especies, *Melocactus holguinensis* Areces (Cactaceae) (Fig. 1) actualmente se encuentra categorizada En Peligro Crítico (Leyva et al. 2004, Berazaín et al. 2005). Sus poblaciones han sido afectadas y diezmadas por el fuego, las plantas invasoras, la actividad forestal y pecuaria, la extracción indiscriminada con fines hortícolas y la construcción de la



Figura 1. Individuos juveniles de *Melocactus holguinensis* Areces en la comunidad Matamoros, Holguín Cuba. (Autor: Alfredo García González)

presa Gibara (Hernández et al. 2008, Hernández et al. 2010, Hernández & Riverón-Giró 2011).

Actualmente podemos encontrar *M. holguinensis* en cuatro localidades (Ceja de la Palma, Cerro Galano, Presa de Gibara y Matamoros), con una población total en 2007 de 138 plantas, de ellas solo 31 adultos conformando una población severamente fragmentada (Hernández et al. 2010). La localidad más cercana a la ciudad de Holguín y con menor cantidad de individuos es Matamoros, con solo dos ejemplares juveniles registrados en la primera mitad de 2011 (Hernández & Riverón-Giró 2011).

Durante una expedición realizada en mayo de 2012 se encontraron 31 nuevos individuos juveniles de *M. holguinensis* en esta área, de ellos solamente tres alcanzan un diámetro superior a los 10 cm. Con las plantas recién localizadas el número total de ejemplares se eleva a 169, encontrándose en Matamoro el 19.5% de la población total de la especie. Las nuevas plantas representan un incremento de 22% sobre la población existente antes del hallazgo, según los datos aportados por Hernández et al. (2010).

En ocasiones las semillas del *M. holguinensis* germinan y comienzan su desarrollo como plántulas en el cefalio de las plantas adultas, fenómeno que podría constituir una estrategia reproductiva de la especie (Leyva & Riverón-Giró 2011). Si tenemos en cuenta que los dos ejemplares registrados en 2011 eran juveniles (Hernández & Riverón-Giró 2011), y que en 2012 aún no alcanzan su fase adulta, el origen más probable de las nuevas plantas sería a partir de semillas que quedaron latentes en el suelo, y ahora germinaron. No obstante, para poder ser concluyente, esta aseveración requiere estudios más profundos de la biología reproductiva de la especie y de los mecanismos de dispersión de las semillas.

Durante el trabajo de campo también se observaron tres plantas de *M. holguinensis* muertas, aparentemente infectadas con un patógeno de origen fúngico. Estos individuos no fueron contabilizados. Este patógeno ya había sido detectado anteriormente afectando a *M. holguinensis* y es un fenómeno que debe ser monitoreado

