

Hongos asombrosos

JORGE HUMBERTO RAMÍREZ PRADO

Unidad de Biotecnología. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo, 97205,
Mérida, Yucatán, México
jhramirez@cicy.mx

Con una historia de más de 2 mil millones de años en el planeta y una diversidad estimada en al menos 1.5 millones de especies, los hongos han colonizado todos los rincones del planeta, incluso ambientes extremos, tanto naturales como aquellos creados por la humanidad. En su evolución y adaptación a estos nichos, han desarrollado estrategias excepcionales, no sólo para sobrevivir sino para sacar ventaja y prosperar en tales condiciones.

Palabras clave: Adaptación, melanina, radiosíntesis, radiotropismo.

“*Nature alone is antique, and the oldest art a mushroom*”, -Thomas Carlyle.

Larga es la historia de los hongos en la Tierra. El fósil más antiguo que se ha descrito de la estructura reproductiva de un macromiceto pertenece a un ejemplar de *Gondwanagaricites magnificus* Heads, A.N. Mill. & J.L. Crane del Cretáceo temprano hace unos 130-120 millones de años (Figura 1A; Heads *et al.* 2017). Pero la vida de los hongos en el planeta se remonta aún más atrás; hay evidencia de que al menos hace 450 millones de años los primeros hongos terrestres ayudaron a las plantas a colonizar la Tierra (Smith 2016), y en la profunda biósfera oceánica se han descubierto fósiles de organismos con estructuras miceliarias típicas de hongos, datados en cerca de 2.4 mil millones de años (Bengtson *et al.* 2017).

En el periodo en que los hongos han habitado el planeta, han evolucionado y se han adaptado para colonizarlo; hoy se les encuentra en los más diversos ambientes, y en condiciones extremas, como los desiertos, los polos o los ecosistemas hidrotermales de aguas profundas. Esta evolución y adaptación es incesante, así, sobreviven y prosperan en ambientes límites,

incluso en aquellos, producto de la actividad humana.

Entre febrero de 1986 y marzo de 2001, la estación orbital rusa Mir acogió a 104 tripulantes durante los 15 años que estuvo en servicio. Por su parte, la nueva y aún funcional Estación Espacial Internacional (ISS, por sus siglas en inglés), ha recibido la visita de 109 tripulantes en los 20 años desde su lanzamiento (1998). Pero los astronautas y cosmonautas no han sido los únicos inquilinos de las estaciones: una gran diversidad de microorganismos (hongos y bacterias) han colonizado hasta sus últimos rincones y han creado potenciales situaciones de riesgos técnicos y de salud (Novikova 2004).

La gran mayoría de estos microorganismos no viven en condiciones extremas (más allá de la micro gravedad), pero hay especies que han degradado superficies de la estación Mir entre las que hay un caso bastante particular. Las claraboyas, tanto de la difunta Mir como de la ISS, bloquean el paso de la radiación UV, unas cuantas estaban hechas de cristal de cuarzo para permitir el paso a esta luz. En el día 177 de operaciones se encontró un deterioro progresivo de estos cristales de

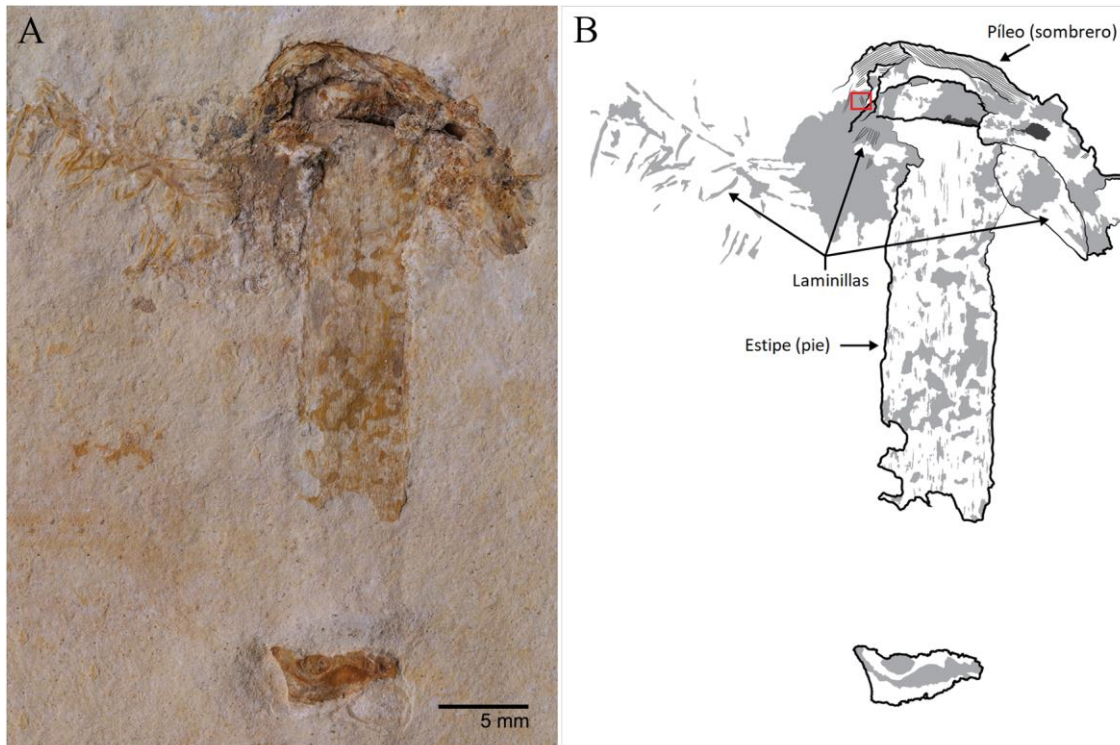


Figura 1. A. Fotomicrografía del Holotipo (URM88000) de *Gondwanagaricites magnificus*. B. Dibujo interpretativo de A mostrando las principales características morfológicas, el recuadro rojo indica la posición de las laminillas. (Fotografía y dibujo tomado de Heads *et al.* 2017 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178327.g001>).

cuarzo por el crecimiento micelial de un hongo. Aun cuando el crecimiento era por dentro de la estación orbital, el hongo fue capaz de degradar el cuarzo y de soportar la radiación UV que pasaba a través de éste. Más tarde se determinó que se trataba de cepas de *Penicillium rubens* Biourge y de *Aspergillus sp.* P. Micheli (ambos de las Trichocomaceae) (Klintworth *et al.* 1999; E. Deshevaya com. pers.). En un experimento reciente, Novikova demostró que muchas esporas de hongos y bacterias, además de algunas semillas de plantas, son capaces de mantener su viabilidad aún después de estar expuestas por un año en el exterior de la ISS (Novikova *et al.* 2015).

Mientras tanto en la Tierra, ese mismo año de 1986 pero 2500 km al oeste de la plataforma de lanzamiento de Baikonur (Kazajistan) de donde partió la estación Mir al espacio, el sábado 26 de abril ocurriría el peor desastre de una planta nu-

clear del siglo XX: el accidente en el reactor No. 4 de Chernobyl, en Pripyat, Ucrania. A la fecha, la zona de exclusión sigue siendo inhabitable, al menos para los seres humanos. La naturaleza, sin embargo, ha retomado la zona e incluso en los suelos más contaminados y en las paredes del reactor No. 4, se han aislado hongos micromicetos que viven y proliferan expuestos a niveles de 40-220 mRh⁻¹ (Zhdanova *et al.* 2000) y en algunos casos hasta 70 000 mRh⁻¹ (Zhdanova *et al.* 2004). Para poner este número en contexto, la radiación de fondo promedio típica en una ciudad es de 0.034 mRh⁻¹.

Los dos hongos más frecuentemente encontrados fueron *Cladosporium sphaerospermum* A.J. Otto (Cladosporiaceae) y *Penicillium hirsutum* Dieckx. El grupo de Zhdanova encontró una propiedad inusual que exhibía la mayoría de los hongos aislados de estos sitios contaminados: radiotropismo. Los hongos no sólo son capaces



Figura 2. A-B. *Leucocoprinus birnbaumii* (Corda) Singer y *Phellinus* sp. sobre *Havardia albicans* (Kunth) Britton & Rose. (Fotografías: Jorge Humberto Ramírez Prado).

de degradar sustratos de carbono altamente radioactivos (grafito) sino que activamente los buscan, y crecen en dirección de la fuente radioactiva (Zhdanova *et al.* 2004). Un segundo grupo de investigadores, al estudiar la manera en que tales hongos se protegían de la radiación, descubrió una propiedad aún más inusual. Analizaron el comportamiento del pigmento melanina producido por *C. sphaerospermum* y encontraron que, además de proporcionarle protección, al ser expuesto a radiación ionizante cambiaba sus propiedades electrónicas, con lo que aumentaba la transferencia de electrones en la reacción de óxido-reducción del NADH, (nicotinamida adenina dinucleótido, una coenzima cuya función principal es el intercambio de electrones y protones y la producción de energía de todas las células), promoviendo el crecimiento del hongo (Dadachova *et al.* 2007). ¿Y qué significa todo eso? Básicamente que, la melanina actúa como una molécula de clorofila que, en lugar de usar luz, utiliza la radia-

ción ionizante en un proceso equivalente a la fotosíntesis: radiosíntesis.

En los entornos urbanos no tenemos condiciones tan extremas (o al menos eso esperamos). En estos ambientes es bastante común encontrarnos con hongos del tipo mohos, que crecen en la comida olvidada o en las paredes de baños y cocinas, pero siempre es un hallazgo inesperado toparnos con algún macromiceto en casa o en los cada vez más reducidos espacios verdes de las ciudades. Si a esto le sumamos algunas casualidades, a veces podemos presenciar algunos sucesos, si no extremos, sí bastante inusuales o llamativos.

El hongo *Leucocoprinus birnbaumii* (Corda) Singer está muy distribuido en los trópicos y subtropicos y es un saprófito: vive y se alimenta de materia vegetal muy descompuesta como el humus o la composta. En general, aparte de su brillante color amarillo no tiene características fuera de lo común y es bastante normal encontrarlo en macetas o jardines bien abonados (de ahí sus sobrenombres



Figura 3.A-B. Flamboyán (*Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf.) con posible *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. **C.** Tocón de Flamboyán (*Delonix regia*), con posible *Ganoderma lucidum*. **D-E.** Vista superior del sombrero de *G. lucidum* 8 semanas después de talados los restos de *D. regia*. (Fotografías: Jorge Humberto Ramírez Prado).

“parasol de maceta” o “amarillo de maceta”). En un caso curioso, este saprófito aparenta ser un patógeno parasitando tanto a un árbol como a otro hongo. En las figuras 2A-B, podemos observar el tallo de *Havardia albicans* (Kunth) Britton & Rose, (localmente conocido como chukum) que sufre la infección causada por un hongo de repisa (probablemente *Pheillinus ignarius* (L.) Quél.). Estos son hongos basidiomicetos de la familia Hymenochaetaeae que causan pudrición

blanca en el árbol huésped al degradar su lignina y celulosa. Sus cuerpos fructíferos semejan repisas o pezuñas en la corteza del árbol vivo y tienen una consistencia leñosa dura. En estas fotografías el color negro del hongo de repisa contrasta con el brillante y llamativo color amarillo de *L. birnbaumii*, que crece justo en el borde de *P. ignarius* y *H. albicans*. En este caso *P. ignarius* ha descompuesto ya la corteza de *H. albicans* y por casualidad esporas del hongo *L. birnbaumii* encontraron en este



Figura 4. A. Exudado de posible *Ganoderma lucidum*. B. Exudado oxidado de posible *Ganoderma lucidum*. (Fotografías: Jorge Humberto Ramírez Prado).

lugar un sustrato adecuado para crecer, dando la apariencia de estar infectándolos.

Introducido desde Madagascar y diseminado en el trópico americano, el árbol de flamboyán (*Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf.; Fabaceae) es parte del paisaje urbano de casi cualquier ciudad o pueblo de la península de Yucatán (Duno de Stefano 2012). Puede alcanzar hasta 12 metros de altura, pero un hongo, en una (cuestionable) proeza, es capaz de derribarlo. Éste es precisamente el caso que se presenta en las figuras 3A-B, donde se observa cómo un políporo (Orden Polyporales) provocó el desplome de un flamboyán después de haberle causado la podredumbre de la raíz. Otro flamboyán cercano ya había sucumbido previamente al mismo hongo (Figura 3C). El hongo en cuestión pudiera tratarse de un ejemplar de *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. Éste es un hongo basidiomiceto de la familia *Ganodermataceae*. El nombre científico del género deriva del griego *ga-*

nos-γανος, "brillo, lustre" y *derma -δερμα-*, "piel". El epíteto específico *lucidum* es el literal del adjetivo en latín y significa "brillante". Ambos nombres hacen referencia a su apariencia brillante como si hubiera sido pintado con barniz o laca (Figura 3D-E). Ha sido utilizado como medicamento en varias tradiciones médicas asiáticas donde es conocido como *reishi* (Japón) o *língzhí* (China). Al igual que muchos otros políporos, este hongo produce exudados (Figura 4A) que se oxidan al contacto con el aire (Figura 4B).

Larga es la historia de los hongos, y aún tienen muchas cosas escondidas bajo sus sombreros para enseñarnos, para asombrarnos.

Referencias

Bengtson S., Rasmussen B., Ivarsson M., Muhling J., Broman C., Marone F., Stampanoni M. y Bekker A. 2017.

- Fungus-like mycelial fossils in 2.4-billion-year-old vesicular basalt. *Nature Ecology and Evolution* 1(6): 141.
- Dadachova E., Bryan R.A., Huang X., Moadel T., Schweitzer A.D., Aisen P., Nosanchuk J.D. y Casadevall A. 2007.** Ionizing radiation changes the electronic properties of melanin and enhances the growth of melanized fungi. *PLoS One* 2(5): e457.
- Duno de Stefano R. 2012.** El flamboyán (*Delonix regia*) una embajadora de Madagascar para el mundo. *Desde el Herbario CICY* 4: 55-57.
- Heads S.W., Miller A.N., Crane J.L., Thomas M.J., Ruffatto D.M., Methven A.S., Raudabaugh D.B. y Wang Y. 2017.** The oldest fossil mushroom. *PLoS One* 12(6): e0178327. *Erratum in: PLoS One* 2018 13(6): e0199660.
- Klintworth R., Reher H.J., Viktorov A.N. y Bohle D. 1999.** Biological induced corrosion of materials II: new test methods and experiences from MIR station. *Acta Astronautica* 44(7-12): 569-578.
- Novikova N.D. 2004.** Review of the knowledge of microbial contamination of the Russian manned spacecraft. *Microbial Ecology* 47(2): 127-32.
- Novikova N., Deshevaya E., Levinskikh M., Polikarpov N., Poddubko S., Gusev O. y Sychev V. 2015.** Study of the effects of the outer space environment on dormant forms of microorganisms, fungi and plants in the 'Expose-R' experiment. *International Journal of Astrobiology* 14(1): 137-142.
- Smith M.R. 2016.** Cord-forming Palaeozoic fungi in terrestrial assemblages. *Botanical Journal of the Linnean Society* 180(4): 452-460.
- Zhdanova N.N., Zheltonozhsky V.A., Vember V.V. y Nakonechnaya L.T. 2000.** Fungi from Chernobyl: mycobiota of the inner regions of the containment structures of the damaged nuclear reactor. *Mycological Research* 104(12): 1421-1426.
- Zhdanova N.N., Tugay T., Dighton J., Zheltonozhsky V. y McDermott P. 2004.** Ionizing radiation attracts soil fungi. *Mycological Research* 108(Pt 9): 1089-1096.

Desde el Herbario CICY, 11: 63–68 (28-marzo-2019), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 232, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editor responsable: Ivón Mercedes Ramírez Morillo. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 28 de marzo de 2019. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.