Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S76-S81, 2014
DOI: 10.7550/rmb.33649

Biodiversidad de hongos en México

Biodiversity of fungi in Mexico

Elvira Aguirre-Acosta[1], Miguel Ulloa[1], Samuel Aguilar[1], Joaquín Cifuentes[2] y Ricardo Valenzuela[3]✉

[1]*Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Apartado postal 70-233, 04510 México, D. F., México.*
[2]*Herbario FCME, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Apartado postal 70-181, 04510 México, D. F., México.*
[3]*Laboratorio de Micología, Departamento de Botánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Prolongación de Carpio y Plan de Ayala, Santo Tomás, Delegación Miguel Hidalgo, 11340 México, D. F., México.*
✉ *rvalenzg@ipn.mx*

Resumen. Se presenta un análisis del conocimiento de la diversidad de hongos en México basado en revisiones bibliográficas disponibles, así como una estimación comparativa de las especies de macro- y microhongos que se conocen tanto en México como a nivel mundial. Actualmente se estima que en nuestro país hay 200 000 especies de hongos y tomando en cuenta los datos analizados para este trabajo, el conocimiento es de aproximadamente el 5%. La entidad federativa con mayor número de registros es Veracruz, seguida de Jalisco y Estado de México. Se discute la problemática para cuantificar las especies y se recomiendan algunas estrategias para solucionarla, como son la realización de estudios sistemáticos de todos los biomas del país, tomando en cuenta los hábitats y microhábitats presentes en cada uno de ellos, la formación de muchos más taxónomos especializados en micología y el fortalecimiento de las colecciones de hongos, entre otras estrategias.

Palabras clave: Fungi, inventario, estimación de la diversidad, número de especies.

Abstract. An analysis of the state of knowledge of the biodiversity of fungi in Mexico is presented, based upon the available bibliographic reviews, as well as a comparative estimation of the macro- and microfungi that are known in Mexico and in the world. In Mexico it is estimated that 200 000 fungal species occur, taking into account the data analyzed for the present work, only about 5% have been studied. The states of Veracruz and Jalisco have the highest number of species registered, followed by the state of Mexico. The problems to quantify the fungal species and some strategies to resolve this issue are considered, such as the need for systematic studies of all biomes of the country, taking into consideration the habitats and microhabitats present in them, the formation of many more taxonomists specialized in mycology, and the strengthening of fungal collections, among others strategies.

Key words: Fungi, inventory, estimation of diversity, number of species.

Introducción

El reino Fungi representa una de los más grandes acervos de biodiversidad con actividades ecológicas cruciales en todos los ecosistemas y con una gran variabilidad en morfología y ciclos de vida. Los organismos incluidos en la categoría de hongos son tan diversos que es difícil dar una diagnosis diferencial concisa, pero pueden ser descritos como organismos, en su mayoría, filamentosos con crecimiento apical, eucariónticos, aclorófilos, heterótrofos por absorción, con reproducción asexual y sexual por medio de esporas, y con pared celular principalmente constituida por quitina o celulosa (Herrera y Ulloa, 1990).

Recibido: 27 septiembre 2012; aceptado: 17 abril 2013

Con los avances continuos en la investigación de los hongos, comprendiendo estudios estructurales y ultraestructurales, bioquímicos, y especialmente de biología molecular, la clasificación de estos organismos está cambiando frecuentemente y son actualmente considerados como polifiléticos (esto es con diferentes filogenias), y están referidos a 3 reinos distintos, según Ulloa y Hanlin (2012): *1)*, reino Fungi, que incluye los phyla Chytridiomycota, Blastocladiomycota, Neocallimastigomycota (con zoosporas, cuyo flagelo no tiene mastigonemas, y colocados posteriormente en las zoosporas), Zygomycota (con esporas inmóviles y cigosporas), Glomeromycota (especies micorrízicas), Ascomycota (con ascomas y ascosporas), Basidiomycota (con basidiomas y basidiosporas), y el phylum Microsporidia

(formas parásitas, con esporas flageladas, relacionado con los Protozoa); *2)*, reino Chromista, con los phyla Oomycota (con zoosporas biflageladas, con un flagelo de tipo látigo y otro mastigonemado, colocados ventralmente o posteriormente en las zoosporas), Hyphochytriomycota (con zoosporas que tiene el flagelo mastigonemado y colocado anteriormente) y Labyrinthulomycota (con redes viscosas y zoosporas biflageladas), y *3)*, reino Protozoa (cuyas mixamebas se nutren por fagocitosis y absorción), que comprende los phyla Cercozoa, Percolozoa, Amoebozoa y Choanozoa (con plasmodios y mixamebas, que son la fase trófica de estos organismos, con cuerpos fructíferos diversos y con esporas inmóviles).

El reino Fungi agrupa a un inmenso número de individuos distribuidos en una gran diversidad de especies, muchas de ellas desconocidas, sobre todo las microscópicas (levaduras y mohos, que incluyen varios miles o millones de hongos), aunque también en la actualidad se siguen describiendo muchas especies nuevas de hongos macroscópicos. Los hongos saprobios tienen distribución cosmopolita, pero hay especies y formas de distribución restringida o endémica, en particular las simbióticas y parásitas, todas ellas ligadas a un determinado hábitat. Con fines ilustrativos, se presentan 4 fotografías de hongos de diferentes phyla (Figs. 1-4).

Diversidad mundial. Actualmente los científicos conocen más acerca de la sistemática de las estrellas, que la de los organismos sobre la Tierra, ya que ésta última es un tema muy amplio y complejo, y el saber cuáles y cuantas especies de organismos existen puede crear especulaciones o controversias. Según Halffter (1998), la variedad de propuestas sobre como medir la biodiversidad es en sí una prueba de la complejidad del problema y de las dificultades para diseñar estrategias que sean realizables en tiempos y con medios razonables. Creemos que es relevante el saber cifras acerca de las especies de hongos que existen en el planeta, pero también es de suma importancia el conocimiento biológico de cada uno de estos organismos.

Kirk et al. (2008) mencionaron que hay 97 861 especies descritas de hongos en el mundo; tomando en cuenta estos datos y comparándolos con los registrados en la primera edición del diccionario de los hongos (Ainsworth y Bisby, 1943), Blackwell (2011) estimó que el conocimiento de especies de hongos se ha triplicado en los últimos 65 años, describiéndose en este período más de 60 000 especies.

En cuanto a la estimación de la diversidad de hongos en el planeta, los estudios que se han realizado desde 1991 a la fecha se basan en parámetros que revelan cifras muy variables, que van desde 500 000 hasta 9.9 millones de especies. La hipótesis de trabajo más utilizada para calcular cuántos hongos hay en la Tierra es la de Hawksworth (1991, 2001), que sostiene la existencia de 1.5 millones de especies; sin embargo, esta hipótesis ha sido cuestionada por micólogos contemporáneos, quienes han sugerido la utilización de otros parámetros como la distribución geográfica, endemismos, especificidad de hospederos, diversidad de micro- y macrohongos sobre material vegetal en diversos hábitats, así como su asociación con otros organismos (Schmit y Müeller, 2007), o bien realizar este tipo de evaluaciones para la conservación de la biodiversidad, manejo y planeación del uso y aprovechamiento del suelo, entre otros temas (Müeller y Schmit, 2007). Resultado de estas evaluaciones indican que existen por lo menos 700 000 especies de hongos en el mundo, de los cuales más del 80% son hongos microscópicos, lo que equivale al conocimiento entre el 4% (según Hawksworth) o 10.5% (según Schmit y Müeller) del total de hongos del planeta. Para el caso sólo de macrohongos a nivel mundial, Müeller et al. (2007) mencionaron que se han descrito 21 679 especies, y estiman que debe haber entre 53 000 y 110 000 especies.

O'Brien et al. (2005) realizaron un análisis de ADN ambiental y de una comunidad fúngica de suelos en Carolina del Norte, EUA, revelando un alto grado de acumulación de nuevas especies en el sitio; estos datos soportan una estimación global de 3.5 a 5.1 millones de especies de hongos.

Hibbett et al. (2011) señalaron que se necesitarían 1 170 años para describir 1.4 millones de hongos basándose en Hawksworth (1991) y de 2 840 a 4 170 años para describir 3.4 a 5 millones de hongos siguiendo el criterio de O'Brien et al. (2005).

Diversidad

México se considera un país megadiverso en cuanto a grupos de organismos, ocupando el quinto lugar en el mundo por su gran número de especies y endemismos, y cuenta con el 10% de la diversidad terrestre del planeta. Su situación geográfica, así como su accidentada topografía con variedad de altitudes y climas han contribuido a formar un mosaico de condiciones ambientales y microambientales que promueven una gran variedad de hábitats y formas de vida, lo que le confiere a México una elevada diversidad biológica (Mittermeier y Goettsch, 1992; Conabio, 1998).

En lo que se refiere al conocimiento de la diversidad de hongos en México, Guzmán (1998a) hace un análisis del desarrollo de los estudios micológicos, y menciona que desde el siglo XVI a mediados del siglo XX se habían publicado 665 trabajos relacionados con los hongos; el 70% de ellos fueron realizados por autores extranjeros y citaron aproximadamente 1 000 especies; asimismo, señala

Figuras 1-4. Especies representativas de hongos en México. 1, esporangio difluente de *Phycomyces blakesleeanus* (Zygomycota), aislado de excremento de ratón, x 360 (*M. Ulloa*); 2, peritecio de *Guanomyces polythrix* gen. et sp. nov. (Ascomycota), aislado de guano de murciélago, x 15 (*M. Ulloa*); 3, basidiomas de *Campanophyllum proboscideum* gen. nov. (Basidiomycota), x 1 (*R. Valenzuela*) y 4, basidioma de *Aseroë rubra* (Basidiomycota), x 1 (*R. Valenzuela*).

que el desarrollo de la micología en México se da a partir de la década de 1970, porque el 82.4% de los artículos publicados ya es de autores mexicanos.

Se han realizado diversos análisis para poder tener una aproximación acerca del conocimiento y la cantidad de especies de hongos que se han registrado en el país. Guzmán (1998a) estima que se conocen 4 500 especies de macrohongos y 2 000 de microhongos, esto basado en revisiones bibliográficas y especímenes de colecciones; estos datos representan el 6.6% de lo que se conoce en el mundo tomando en cuenta lo señalado por Kirk et al. (2008). Considerando las propuestas de estimación de Hawksworth, se calcula que en México habría más de 200 000 especies de hongos (Guzmán, 1998a, b), por lo que sólo se conoce el 3.2% de las que crecen en el país. Si tomamos en cuenta que según Hawksworth los macrohongos representan casi 10% de los hongos a nivel global y que recientemente Müeller et al. (2007)

han propuesto que la relación macrohongos-plantas es diferente entre regiones templadas (1:2) y tropicales (1:5), podemos estimar para México, con base en el número de especies de plantas y tipos de vegetación, que el número de macrohongos estaría entre 9 000 y 11 000 especies y por lo tanto el total de especies de hongos lo ubicaríamos entre 90 000 y 110 000 especies.

Catálogos validados, como el de Cifuentes (2008), dan 2 135 registros de especies de hongos para México, agrupados en Basidiomycota (1 486 especies en 353 géneros y 87 familias), Ascomycota (646 especies en 275 géneros y 86 familias, incluyendo líquenes), Zygomycota (2 especies) y Oomycota (1 especie). Sin embargo, estos datos no reflejan con exactitud el número real de especies que se han citado para el país, porque muchas de éstas no están incluidas en bases de datos que la Conabio ha recopilado, particularmente para Zygomycota y Oomycota.

Según datos mencionados por Guzmán (1998a), hay aproximadamente 2 000 registros de microhongos, de los cuales 1 500 son hongos fitopatógenos, 120 mohos del suelo, 100 hongos de granos almacenados, 70 mohos de bebidas fermentadas, 30 patógenos del hombre y/o animales, 30 hongos acuáticos, 30 hongos parásitos de invertebrados, 20 mohos del estiércol y 10 hongos del aire. Por otro lado, Heredia-Abarca et al. (2008) mencionaron que hay 1 353 registros de hongos anamorfos, de los cuales 21 son acuáticos, 806 del suelo y 526 de restos vegetales, siendo los estados de Veracruz y Tabasco los más estudiados. En la revisión bibliográfica a través de las bases de datos de las revistas electrónicas nacionales e internacionales de 2008 a la fecha, para microhongos se encontraron 127 registros, de los cuales hay 34 hongos fitopatógenos, 26 mohos del suelo, 12 hongos de granos almacenados, 18 patógenos del hombre y/o animales y 33 hongos acuáticos; de estos registros, sólo 18 son nuevas especies.

Con respecto a la distribución que tienen las especies de hongos por entidades federativas aún no se conoce totalmente; sin embargo, del 47% de ellas se tiene datos publicados recientemente, como es el caso de Veracruz, estado con mayor número de especies, habiéndose registrado 1 517 (Guzmán et al., 2003), siguiéndole Jalisco con 1 040 (Sánchez-Jácome y Guzmán-Dávalos, 2011), Estado de México con 726 (Frutis-Molina y Valenzuela, 2009), Sonora con 658 (Esqueda et al., 2010), Michoacán con 652 (Gómez-Peralta y Gómez-Reyes, 2005), Querétaro con 633 (Valenzuela et al., en prensa [a]), Durango con 614, Chihuahua con 580 (ambos de Valenzuela et al., en prensa [b]), Tamaulipas con 563 (García-Jiménez y Guevara-Guerrero, 2005), Morelos con 480 (Contreras-MacBeath et al., 2006), Quintana Roo con 447 (Yuridia-López et al., 2011), Aguascalientes con 372 (Pardavé-Díaz et al., 2007), Puebla con 181 (Vázquez-Mendoza y Valenzuela, 2010), Campeche con 154 (Ancona-Méndez et al., 2010) y Yucatán con 153 (Yuridia-López et al., 2011). De las entidades restantes (17), no se tienen datos que mencionen el total de las especies conocidas para cada una de ellas, aunque sí hay publicaciones que citan especies de lugares o regiones de estos estados.

Guzmán (1998a) indica que la diversidad fúngica mexicana es mayor en los bosques tropicales y subtropicales que en los bosques de encinos y coníferas de zonas templadas, y menor en las zonas áridas. Hyde y Hawksworth (1997) recomiendan que para hacer un inventario de hongos completo en un bosque tropical, se deben de tomar en cuenta más de 30 tipos de hábitats y microhábitats, así como la participación de más de 21 especialistas en diferentes grupos taxonómicos de hongos. En México, si consideramos este criterio, el porcentaje de especies por describir en este tipo de ecosistemas y la escasez de taxónomos especializados, se requerirían cientos de años para completar el registro total de las especies que se desarrollan en estas regiones.

Con los datos analizados anteriormente, podemos decir que el conocimiento de la diversidad de hongos en México es aún incipiente y las cifras que han mencionado diversos autores no reflejan con exactitud el número real de especies que se conocen. Por lo tanto, se recomienda realizar estudios taxonómicos de los diferentes grupos de hongos de todos los biomas presentes en el país y sobre todo de aquellas entidades de las que se tienen pocos registros. Es urgente que todos los hongos sean numerados para cada zona geográfica considerando que muchos hábitats se están perdiendo rápidamente; una estrategia para conservar la diversidad de hongos, es la creación de más reservas naturales. Del mismo modo, es necesario hacer una depuración exhaustiva de las especies que se han registrado, ya que probablemente muchas determinaciones no son exactas y en muchos de los listados publicados no se menciona material de referencia depositada en las colecciones biológicas; para el fortalecimiento de éstas, es conveniente la interacción de especialistas con los herbarios para avanzar en la curación del material depositado en ellos. Para el caso particular de los microhongos, sería necesario promover la creación de colecciones locales para conservar este capital biológico invaluable.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo otorgado por la UNAM dentro del proyecto PAPIIT IN207311. También se agradece a Georgina Ortega Leite por la búsqueda y obtención de información bibliográfica. Particularmente, Valenzuela reconoce el apoyo otorgado por la COFAA e IPN dentro del proyecto SIP-20130034.

Literatura citada

Ainsworth, G. C. y G. R. Bisby. 1943. Dictionary of the Fungi. Imperial Mycological Institute, Kew, Reino Unido. 359 p.

Ancona-Méndez, L., G. Cetz-Zapata y P. Garma-Baéz. 2010. Hongos. *In* La biodiversidad en Campeche. Estudio de estado, G. J. Villalobos-Zapata y J. Mendoza-Vega (coord.). Conabio, Gobierno del estado de Campeche, Universidad de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur, México. p. 186-189.

Blackwell, M. 2011. The Fungi: 1, 2, 3 … 5.1 million species? American Journal of Botany 98:426-438.

Cifuentes, J. 2008. Hongos. Catálogo taxonómico de especies de México. *In* Capital natural de México, Vol. 1: conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México. CD1.

Conabio, 1998. La diversidad biológica de México: estudio de país, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 341 p.

Contreras-MacBeath, J., F. Jaramillo-Monroy y J. C. Boyás-Delgado (eds.). 2006. La diversidad biológica en Morelos. Estudio de estado. Conabio, UAEM. p. 40.

Esqueda, M., M. Coronado, A. Gutiérrez, R. Valenzuela, S. Chacón, R. L. Gilbertson. T. Herrera, M. Lizárraga, G. Moreno, E. Pérez-Silva y T. R. Van Devender. 2010. Hongos. *In* Diversidad biológica de Sonora, F. E. Molina-Freaner y T. R. Van Devender (eds.). UNAM, Conabio, México, D. F. p. 189-205.

Frutis-Molina, I. y R. Valenzuela. 2009. Macromicetos. *In* La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de estado, G. Ceballos, R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñozcano-Quintanar, E. Collado y J. E. San Román (comps.). Gobierno del Estado de México, Biblioteca Mexiquense del Bicentenario, Toluca. p. 243-249.

García-Jiménez, J. y G. Guevara-Guerrero. 2005. Macromicetos (Hongos Superiores) de Tamaulipas. *In* Biodiversidad Tamaulipeca, Vol. 1, L. Barrientos-Lozano, A. Correa-Sandoval, J. V. Horta-Vega y J. García-Jiménez (eds.). Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Cd. Victoria. p. 67-79.

Gómez-Peralta, M. y V. M. Gómez-Reyes. 2005. Hongos y líquenes. *In* La biodiversidad en Michoacán. Estudio de estado, G. L. E. Villaseñor (ed.). Gobierno del Estado de Michoacán, Secretaría Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia. p. 64-67.

Guzmán, G. 1998a. Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México (Ensayo sobre el inventario fúngico del país). *In* La diversidad biológica de Iberoamérica II, G. Halffter (ed.). Acta Zoológica Mexicana, nueva serie vol. Especial, CYTED e Instituto de Ecología, Xalapa. p. 111-175.

Guzmán, G. 1998b. Inventorying the fungi of Mexico. Biodiversity and Conservation 7:369-384.

Guzmán, G., F. Ramírez-Guillén y P. Munguía. 2003. Introducción a la micobiota del estado de Veracruz (México). Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid 27:223-229.

Halffter, G. 1998. Una estrategia para medir la biodiversidad a nivel de paisaje. *In* La diversidad biológica de Iberoamérica II, G. Halffter (ed.). Acta Zoológica Mexicana, nueva serie vol. Especial, CYTED e Instituto de Ecología, Xalapa. p. 3-17.

Hawksworth, D. L. 1991. Fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. Mycological Research 95:641-655.

Hawksworth, D. L. 2001. The magnitude of fungal diversity: 1.5 million species estimate revisited. Mycological Research 105:1422-1432.

Heredia-Abarca, G., R. M. Arias-Mota y C. I. Becerra-Hernández. 2008. Análisis del conocimiento de los hongos anamorfos saprobios en México. *In* Tópicos sobre diversidad, ecología y usos de los hongos microscópicos en Iberoamérica, G. Heredia (ed.). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) e Instituto de Ecología, Xalapa. p. 81-101.

Herrera, T. y M. Ulloa. 1990. El Reino de los Hongos, micología básica y aplicada. UNAM-Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 552 p.

Hibbett, D. S., A. Ohman, D. Glotzer, M. Nuhn, P. Kirk y R. H. Nilsson. 2011. Progress in molecular and morphological taxon discovery in Fungi and options for formal classification of environmental sequences. Fungal Biology Reviews 25:38-47.

Hyde, K. D. y D. L. Hawksworth. 1997. Measuring and monitoring the biodiversity of microfungi. *In* Biodiversity of tropical microfungi, K. D. Hyde (ed.). Hong Kong. p. 11-28.

Kirk, P. M., P. F. Canon, D. W. Minter y J. A. Stalpers (eds.). 2008. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 10 ed. International Mycological Institute, CAB International, Wallingford. 784 p.

Mittermeier, R. y C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. *In* México ante los retos de la biodiversidad, J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.). Conabio, México, D. F. p. 63-73.

Müeller, G. M. y J. P. Schmit. 2007. Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? Biodiversity and Conservation 16:1-5.

Müeller, G. M., J. P. Schmit, P. R. Leacock, B. Buyck, J. Cifuentes, D. E. Desjardin, R. E. Halling, K. Hjortstam, T. Iturriaga, K. H. Larsson, D. J. Lodge, T. W. May, D. Minter, M. Rajchenberg, S. A. Redhead, L. Ryvarden, J. M. Trappe, R. Watling y Q. Wu. 2007. Global diversity and distribution of macrofungi. Biodiversity and Conservation 16:37-48.

O'Brien, H. E., J. L. Parrent, J. A. Jackson, J. M. Moncalvo y R. Vilgalys. 2005. Fungal community analysis by large-scale sequencing of environmental samples. Applied and Environmental Microbiology 71:5544-5550.

Pardavé-Díaz, L. M., L. Flores-Pardavé, V. Franco-Ruiz Esparza y M. Robledo-Cortés. 2007. Contribución al conocimiento de los hongos (macromicetos) de la Sierra Fría, Aguascalientes. Investigación y Ciencias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes 37:4-12.

Sánchez-Jácome, M. R. y L. Guzmán-Dávalos. 2011. Hongos

citados para Jalisco, II. Ibugana 16:25-60.

Schmit, J. P. y G. M. Müeller. 2007. An estimate of the lower limit of global fungal diversity. Biodiversity and Conservation 16:99-111.

Ulloa, M. y R. T. Hanlin. 2012. Illustrated Dictionary of Mycology, Second Edition. APS Press, St. Paul, Minnesota. 782 p.

Valenzuela, R., J. García-Jiménez, T. Raymundo y C. I. Silva-Barrón. En prensa [a]. Los macromicetos de Querétaro. *In* Historia natural del estado de Querétaro, R. Jones y J. Malda (eds.). Conabio-UAQ.

Valenzuela, R., T. Raymundo, M. Esqueda, J. García-Jiménez, F. Garza-Ocañas, R. Díaz-Moreno y M. Lizárraga. En prensa [b]. Los macrohongos de la Sierra Madre Occidental. Conabio-IPN.

Vázquez-Mendoza, S. y R. Valenzuela-Garza. 2010. Macromicetos de la Sierra Norte del estado de Puebla, México. Naturaleza y Desarrollo 8:46-61.

Yuridia-López, C., G. Guevara-Guerrero y J. I. Alonso Riverol. 2011. Hongos macromicetos. *In* Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. Tomo 2, C. Pozo (ed.). El Colegio de la Frontera Sur, Conabio, Gobierno del estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PFC), México, D. F. p. 24-29.