

HONGOS

MARTÍN ESQUEDA,¹ MARTHA CORONADO,² ALDO GUTIERREZ,¹ RICARDO VALENZUELA,³ SANTIAGO CHACÓN,⁴
ROBERT L. GILBERTSON,⁵ TEÓFILO HERRERA,⁶ MARCOS LIZÁRRAGA,⁷ GABRIEL MORENO,⁸
EVANGELINA PÉREZ-SILVA⁶ Y THOMAS R. VAN DEVENDER⁹

RESUMEN. La diversidad fúngica de Sonora, México, incluyendo algunos Protozoa afines, es de 658 especies: Basidiomycota (461), Ascomycota (105), Myxogastria (81), Glomeromycota (7), Zygomycota (2), Chytridiomycota (1) y Protostelia (1). Los géneros con mayor número de especies son *Tulostoma* (27), *Amanita* (22), *Geastrum* (20), *Lycoperdon* (20), *Phellinus* (17), *Physarum* (16) y *Xylaria* (15). Un total de 111 nuevos registros se adicionan a la micobiota sonorensis. *Distorimula mexicana* y *Xylaria striata* var. *sonorensis* están propuestas como especies nuevas. Varias especies comúnmente encontradas en el Desierto Sonorense como *Calvatia pygmaea*, *Disciseda verrucosa* y *Endoptychum arizonicum* son poco conocidas mundialmente.

ABSTRACT. The fungal diversity of Sonora, México, besides some related Protozoa, includes 658 species: Basidiomycota (461), Ascomycota (105), Myxogastria (81), Glomeromycota (7), Zygomycota (2), Chytridiomycota (1), and Protostelia (1). Genera with the highest number of species are *Tulostoma* (27), *Amanita* (22), *Geastrum* (20), *Lycoperdon* (20), *Phellinus* (17), *Physarum* (16), and *Xylaria* (15). A total of 111 new records are added to the Sonoran mycobiota. *Distorimula mexicana* and *Xylaria striata* var. *sonorensis* are proposed as new taxa. Several species commonly found in the Sonoran Desert such as *Calvatia pygmaea*, *Disciseda verrucosa*, and *Endoptychum arizonicum* are poorly known worldwide.

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.

² Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora.

³ Instituto Politécnico Nacional.

⁴ Instituto de Ecología.

⁵ University of Arizona.

⁶ Universidad Nacional Autónoma de México.

⁷ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

⁸ Universidad de Alcalá de Henares.

⁹ Sky Island Alliance.

INTRODUCCIÓN

Los hongos están considerados entre los organismos más importantes en el mundo debido a su papel vital en el funcionamiento de los ecosistemas y a su influencia directa sobre los humanos e indirecta en sus actividades. Actualmente para la mayoría de las especies sólo existe información incompleta y limitada y el número de taxones estimado difiere significativamente según el autor. Esta carencia de información básica sobre la diversidad taxonómica tiene implicaciones relevantes sobre varios aspectos de la biología evolutiva, *v.g.*, hipótesis filogenéticas, relaciones coevolutivas, interpretación de patrones biogeográficos y aprovechamiento integral de los programas de monitoreo, entre otros (Mueller y Schmit, 2007).

El número estimado de 1.5 millones de especies fúngicas se basa primeramente en la relación entre la diversidad de plantas y hongos en países donde están suficientemente estudiados para una estimación realista. Se ha reportado una relación de 1:5 a 1:7 de especies de planta: hongo para Finlandia, Suiza y Reino Unido; si empleamos la relación 1:5 con un estimado de trescientas mil plantas se genera dicha cantidad de especies de hongos en el planeta (Hawksworth, 1991). Aunque se ha cuestionado reiteradamente estos datos, asumiendo correcta esta estimación, podemos señalar que se ha descrito menos de cinco por ciento de los hongos.

Los grupos menos conocidos corresponden a Dematiáceos e Hyphomycetes acuáticos (0.4%), hongos específicos de insectos (1.5%), Mucorales (1.5%) y, entre los mejor conocidos, macrolíquenes (67.5%), Protozoa afines a hongos (Myxomy-

cetes) (50%) y Pezizales (34%). Si a todo esto le sumamos que anualmente se describen de mil a mil doscientos especies nuevas de hongos a nivel mundial, se calcula que por lo menos se requieren aproximadamente mil años para conocer los taxones restantes. Los esfuerzos para estimar la diversidad global de los hongos de forma rigurosa son escasos, aun cuando estos organismos resultan importantes para la conservación de la biodiversidad, manejo y planeación del uso de la tierra y en temáticas afines (Mueller y Schmit, 2007).

Recientemente Schmit y Mueller (2007) realizaron una estimación conservadora sobre el número de especies a escala mundial, para lo cual consideraron la distribución geográfica y diversidad de grupos morfológicos y ecológicos de hongos (macromicetos, micromicetos sobre material vegetal, líquenes, hongos acuáticos y del suelo, hongos asociados con artrópodos, hongos liquenícolas y microsporidios), a fin de estimar una relación mínima en el número de planta:hongo en diferentes regiones del mundo. Además, esta relación se acopló con los datos de endemismo de hongos y, en total, dichos autores estimaron que existe un mínimo de 712 285 especies de hongos en el mundo, de los que más de 82% son micromicetos asociados con plantas terrestres. Aproximadamente 13% del total de especies se ha descrito y solamente 7% de los micromicetos asociados con plantas. La distribución biogeográfica, el nivel de endemismo y la especificidad de hospederos se consideran como los datos más relevantes para calcular la diversidad fúngica global con mayor precisión.

Guzmán (1998a) estableció el número de especies de hongos en México con base en los taxones fúngicos con una asociación obligada con animales y plantas vasculares y de especies saprobias, extrapolando el número de hongos de la Gran Bretaña a México, asumiendo la micobiota británica como la mejor conocida en el mundo y considerando para el país el número de taxones conocidos en el estado de Veracruz, el más estudiado en la República Mexicana. El promedio de estos tres cálculos resultó en aproximadamente doscientos mil especies de hongos para México. De éstos, solamen-

te 3.5% se conocen, a pesar de los avances considerables que se ha realizado en el inventario sobre la micobiota del país en los últimos treinta años. Dicho autor concluyó que es necesario promover estudios sobre taxonomía, formar más especialistas y elaborar monografías sobre diversos grupos fúngicos.

Los estudios sobre la micobiota de Sonora son limitados y los avances más importantes han sucedido en los últimos años. Aunque el conocimiento sobre la mayoría de los grupos es escaso, diversos géneros de hongos gasteroides característicos de zonas áridas se han estudiado con mayor énfasis (Esqueda *et al.*, 1995a, 2003 y 2004). Con base en el presente trabajo se conocen 658 taxones de hongos para Sonora, incluyendo 111 nuevos registros para esta entidad federativa. Aunque actualmente, en un sentido estricto, Myxomycota se ha excluido del reino Fungi y forma parte del reino Protozoa, en esta revisión se incluyó por sus características afines con los hongos, como son la producción de esporas y sus fructificaciones.

En las referencias bibliográficas sobre lo estudiado de los hongos en Sonora, en la mayoría de ellas se mencionan los números de herbario de las recolecciones determinadas, las cuales están depositadas en la Colección de Macromicetos del Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (Cesues), el Herbario Nacional de la Universidad Nacional Autónoma de México (Mexu), la Colección de Hongos «Dr. Gastón Guzmán Huerta» del Herbario Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB), la Colección de Hongos del Instituto de Ecología, Unidad Xalapa (Xal) y el Herbario del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Alcalá de Henares (AH). Asimismo, se incluyeron las recolecciones de los doctores R.L. Gilbertson y T.R. Van Dender procedentes de la Reserva de la Biosfera Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui y depositadas en el Herbario de la Universidad de Arizona (Ariz).

PROTOZOA: MYXOGASTRIA Y PROTOSTELIA

En México, el estudio de estos Protozoa afines con

hongos se inició por Macbride y Smith (1896), quienes citaron 13 especies para la mixobiota mexicana. De esa fecha a la actualidad se han publicado diversas revisiones bibliográficas sobre este grupo (Braun y Keller, 1976; Ogata *et al.*, 1994; Illana *et al.*, 2000; Moreno *et al.*, 2007b). Con respecto a Sonora, se conocía como única cita a *Fuligo cinerea* (Braun y Keller, 1976). Se considera como primer estudio para este estado el realizado por Pérez-Silva *et al.* (2001a), quienes registraron 17 taxones, de los cuales *Diachea subsessilis*, *Didymium rubropus* y *Trichia affinis* se citaron por primera vez para México.

Posteriormente, Moreno *et al.* (2004) encontraron seis especies características de zonas áridas en la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, donde *Physarum robustum* fue un nuevo registro para la mixobiota mexicana. Moreno *et al.* (2006) estudiaron 26 taxones provenientes de la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe, de los cuales 23 fueron nuevos registros para Sonora. Lizárraga *et al.* (2007 y 2008), continuando con los estudios de los Myxomycetes de la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe y Reserva de la Biosfera Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui, estudiaron 55 especies, de las cuales 35 se registraron por vez primera para la mixobiota de Sonora y con lo que el conocimiento actual sobre este grupo asciende a 82.

Con base en el último catálogo de los Myxomycetes de México (Moreno *et al.*, 2007b), se han registrado 307 taxones, repartidos en 297 especies y diez variedades, para la mixobiota mexicana. Esto representa 33% de las aproximadamente novecientas especies conocidas a escala mundial. Las entidades federativas más estudiadas son Baja California, Chihuahua, Jalisco, Quintana Roo, Sonora, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán, con más de setenta taxones cada una. Con respecto a Arizona, Estados Unidos, Bates y Barber (2008) presentaron un listado de 143 especies de Myxomycetes. En Sonora, el segundo estado más grande de México, los 82 taxones citados representan 9.1% de los Myxomycetes conocidos en el ámbito mundial y 26.7%

en el nacional. Las 143 especies registradas para Arizona constituyen 16% de las especies conocidas en el mundo y 48% de las registradas para México.

De los 82 taxones citados para Sonora, 35 de ellos no se encuentran en el listado de Arizona, tal vez porque los estudios sobre Myxomycetes en Sonora se han enfocado al trópico y a los bosques (Moreno *et al.*, 2006; Lizárraga *et al.*, 2007 y 2008), pero poco al desierto. En contraste, en Arizona buena parte de las exploraciones se han realizado en zonas desérticas (Evenson, 1961; Blackwell y Gilbertson, 1980a, 1980b y 1984). Estos datos nos señalan la necesidad de continuar con más estudios en los diferentes ecosistemas de Sonora para llegar a un mejor conocimiento de la biodiversidad de la mixobiota sonorensis.

HONGOS FILAMENTOSOS Y METABOLITOS SECUNDARIOS

Ranzoni (1968) aisló 229 especies de micromicetos en el suelo de 24 localidades ubicadas en el Desierto Sonorense, una de ellas en Sonora, donde encontró 31 taxones. Esta área estaba dominada por *Acacia*, *Fouquieria*, *Parkinsonia*, *Prosopis* y pastos; el pH del suelo fue de 6.4 y la cantidad promedio de hongos de 3.0×10^3 unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo base seca. Los resultados sugieren que al parecer no existe una micobiota característica en los suelos de desierto. Los hongos imperfectos melánicos se presentan en gran número, aunque no necesariamente en una mayor diversidad de especies comparados con las formas no melánicas. Muchos de los micromicetos aislados están distribuidos a escala mundial. El suelo contiene muchos taxones más comúnmente asociados con estiércol y patógenos de animales y plantas.

Padilla *et al.* (2006) encontraron en un área de cultivo de melón en la Costa de Hermosillo, Sonora, diversas especies de hongos filamentosos: *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp. y *Penicillium* spp., entre otros. En la mayoría de los taxones determinados, el número de UFC no cambió significativa-

mente entre el período de siembra y de cosecha, incluyendo todos los tratamientos donde se aplicaron biofertilizantes. En el muestreo inicial, treinta por ciento de las UFC correspondió a *Aspergillus* spp. Este predominio es común en zonas áridas, ya que las especies de este género toleran amplios rangos de temperatura, pH y salinidad del suelo. Las especies xerófilas del subgénero *Aspergillus* y muchas especies de la sección *Nidulantes* y *Circumdati* se presentan con mayor frecuencia a la esperada en suelos desérticos (Klich, 2002). En la rizósfera de melón predominó el subgénero *Circumdati*.

Meza-Moller *et al.* (2007) estudiaron la variabilidad morfológica, reacción de anastomosis, patogenicidad y susceptibilidad a fungicidas de *Rhizoctonia solani* aislado de la rizósfera de *Vitis vinifera* var. *perlette seedless* plantada a pie franco en Sonora. Las 122 cepas obtenidas presentaron hifas con 3 a 9 núcleos por célula, de 3 a 8 μm de diámetro y de color blanco sucio a moreno oscuro. Los aislamientos correspondieron al grupo anastomótico AG-4 y a dos grupos de incompatibilidad vegetativa. Cien por ciento de las cepas inoculadas causaron pudrición de raíces con lesiones mayores a cinco milímetros de longitud y fueron susceptibles a las concentraciones evaluadas de los fungicidas tolclofos-metil, tiabendazol y, en menor grado, a azoxistrobin. Los autores concluyeron que *R. solani* es un patógeno potencial para *V. vinifera* var. *perlette seedless* en viñedos de Sonora.

Cortez-Rocha *et al.* (2003) estudiaron el porcentaje de granos de maíz infectados por mohos en Sonora, el cual varió significativamente entre las localidades y el año de muestreo. Las especies aisladas más comúnmente fueron *Fusarium moniliforme*, *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. glaucus*, *A. ochraceus* y *Alternaria* spp. Especies de otros hongos filamentosos se encontraron en menor cantidad como *Rhizopus*, *Mucor*, *Cladosporium*, *Helminthosporium* y *Nigrospora*. Asimismo, registraron por primera vez la presencia de fumonisinas y en algunas muestras la concentración detectada fue mayor al nivel considerado seguro para animales. La fumonisina B₁ fue detectada en todas las muestras analizadas. El rango de fumonisinas fue de <1 a 8.8 μg /

kg, lo cual indica que estos metabolitos podrían presentarse frecuentemente en el maíz de Sonora.

En Sonora se realizó otro estudio con metabolitos secundarios de *Aspergillus* del contenido de aflatoxina M₁ (AFM₁) de leche en polvo y fluida pasteurizada comercializadas en Hermosillo, Sonora. El contenido promedio de AFM₁ por marca de leche en polvo varió de 0.13 a 0.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y de 0.13 a 0.27 $\mu\text{g}/\text{L}$ en leche fluida. La concentración más alta de AFM₁ registrada en la leche en polvo fue de 0.33 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y en la leche fluida de 0.49 $\mu\text{g}/\text{L}$. Ninguna muestra rebasó el nivel máximo de 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ permitido por la FDA (Food and Drug Administration) (Esqueda *et al.*, 1995c).

HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

En un estudio sobre los patrones en la composición y distribución de hongos micorrízicos arbusculares en regiones áridas del suroeste de Norteamérica y Namibia, África, Stutz *et al.* (2000) determinaron siete especies en las planicies del Desierto Sonorense en La Trinidad, Sonora: *Archaeospora trappei*, *Diversispora spurca*, *G. etunicatum*, *G. intraradices*, *G. microaggregatum*, *G. mosseae* y *Glomus* AZ123 (tabla 1), las cuales se observaron en todas las localidades muestreadas en el Desierto Sonorense, Chihuahuense y de Namibia, así como en pastizales semiáridos. La riqueza de especies en cada sitio muestreado varió entre seis y doce taxones, predominando los hongos de esporas pequeñas de Glomaceae y Acaulosporaceae. Estos resultados indican la evolución de los procesos históricos en la dispersión y condiciones ambientales específicas sobre la determinación en la composición de especies en las zonas áridas.

En un área de cultivo de melón en la Costa de Hermosillo se encontró una cantidad de esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) de 14 a 17 esporas/100 g de suelo, identificándose *Glomus* aff. *deserticola* y *G.* aff. *intraradices* (Padilla *et al.*, 2006). Los factores que influyen sobre la ocurrencia y efectividad de las asociaciones micorrízicas son las propiedades de la raíz, factores edáficos y

Tabla 1. Hongos micorrízicos arbusculares presentes en el Desierto Sonorense y su distribución en otros desiertos

Especies micorrízicas arbusculares	Desierto de Chihuahua	Subdivisiones del Desierto Sonorense			Pastizales semiáridos	Desierto de Namibia
		Altiplano de Arizona	Valle del Bajo Río Colorado	Planicies de Sonora		
Acaulosporaceae						
<i>Archaeospora trappei</i>	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Glomaceae						
<i>Diversispora spurca</i>	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<i>Glomus etunicatum</i>	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<i>Glomus intraradices</i>	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<i>Glomus microaggregatum</i>	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<i>Glomus mosseae</i>	◆	◆	◆	◆	◆	◆

Fuente: Stutz *et al.* (2000).

climáticos, compatibilidad hospedero-hongo y organismos presentes en el suelo (Brundrett, 1991). Si bien la temperatura alta del suelo puede favorecer la esporulación y colonización micorrízica, también podría coadyuvar en el desarrollo de una enfermedad causada en el melón por *Monosporascus cannonballus* (Pivonia *et al.*, 2002). En el ciclo de cultivo de melón evaluado no se registraron enfermedades y aunque se encontró 12% de las raíces colonizadas con HMA, no se observaron arbusculos ni vesículas. Se considera que al no formarse estas estructuras la interacción planta-hongo no es óptima, ya que los arbusculos cumplen la función de intercambio de nutrientes y las vesículas de almacenamiento (Smith y Read, 1997).

ASCOMYCETES

Estos hongos se reconocen por sus esporas sexuales producidas en una estructura llamada asca. Los cuerpos fructíferos presentan formas, tamaños y colores muy variados y es factible encontrarlos como parásitos de plantas y animales o simplemente desarrollándose en suelo, agua, madera, etcétera. En nuestro país hasta ahora ha recibido poca atención, al igual que otros grupos de hongos, aun cuando comprenden el mayor número de especies en el reino Fungi, con aproximadamente treinta y dos mil (Kirk *et al.*, 2001). A pesar de ello, y excluyendo los anamorfos (estados asexuales) de Ascomycetes citados por Ranzoni (1968), el primer re-

gistro corresponde a *Daldinia vernicosa*, procedente del Desierto de Altar (Pérez-Silva, 1973).

En la década de los años noventa, Esqueda *et al.* (1992) iniciaron formalmente los estudios sobre este grupo de hongos en Sonora y registraron 14 especies, destacando *Peziza abietina*, *P. brunneoatra*, *Humarina permuda* y *Scutellinia umbrosum* como nuevos registros para la micobiota de México. En un estudio sobre los hongos de la zona urbana de Hermosillo, Esqueda *et al.* (1995b) citaron a *Xylaria hypoxylon*, especie cosmopolita. Posterior a ello se presentaron 28 taxones, siendo *Arachnopeziza aurelia* y *Helvella ephippium* nuevas citas para México (Pérez-Silva *et al.*, 1996); la primera se colectó sobre bellotas de *Quercus chihuahuensis* en bosque de encino y la segunda en bosque de pino-encino con un hábito gregario.

San Martín *et al.* (1999b) citaron a *Xylaria feejeensis sensu stricto* por vez primera para México; *Daldinia eschscholzii* y *Xylaria poitei* para Sonora, además de la propuesta de *Xylaria striata* var. *sonorensis* como una nueva variedad. Después se registraron dos taxones de *Hypoxylon* y tres de *Xylaria* (San Martín *et al.*, 1999c) y se presentó un género y especie nuevos para la ciencia: *Distorimula mexicana* (San Martín *et al.*, 1999a). Méndez-Mayboaca *et al.* (2007) citaron los primeros 17 Ascomycetes para la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe, destacando a *Cordyceps sobolifera* y *Bisporella citrina*, ambos como segundo registro para México. *C. sobolifera* se encontró sobre una larva de *Quesada gigas* en matorral

subtropical. *B. citrina*, aunque es una especie de amplia distribución mundial, recientemente se citó por primera vez para México en una localidad de Veracruz (Medel, 2002). En Sonora, esta especie se observó con una distribución restringida a regiones templadas sobre madera en descomposición en bosque de pino-encino. La referencia más reciente corresponde a Méndez-Mayboca *et al.* (2008) con la descripción de ocho nuevos registros de Ascomycetes para México procedentes de la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe. *Eutypa koschkelovae* y *E. podanthi* se registraron por segunda vez a escala mundial.

El número de ascomicetos macroscópicos conocidos para Sonora hasta 2008 corresponde a 83 taxones. Pyrenomycetes es el grupo con más especies (45 spp.), incluidas en cinco familias: Chaetomiaceae (1), Clavicipitaceae (4), Hypocreaceae (2), Diatrypaceae (7) y Xylariaceae (31). En orden descendente siguen los Discomycetes con 28 especies, adscritas a las familias Helotiaceae (3), Helvellaceae (12), Hyaloscyphaceae (1), Leotiaceae (1), Morchellaceae (1), Peziaceae (4) y Pyronemateae (6). A nivel de género sobresalen entre los Pyrenomycetes, *Xylaria* (15 spp.), *Daldinia* (7 spp.) e *Hypoxylon* (5 spp.). De los Discomycetes, los géneros mejor representados son *Helvella* (12 spp.), *Peziza* (4 spp.) y *Scutellina* (3 spp.). Además, destaca el registro de especies de Hysteriales (Loculoascomycetes), donde recientemente se citaron por primera vez para la microbiota de México: *Gloniopsis praelonga*, *Hysterium insidens* e *H. truncatulum* (Méndez-Mayboca *et al.*, 2008).

En un breve análisis de la diversidad de Ascomycetes registrados para Sonora, comparada con el conocimiento a escala mundial, nacional y de Arizona, Estados Unidos, este último por su vecindad geográfica, se observa que en México, hasta 2007, se registraron 687 especies (García-Romero *et al.*, 1970; Chacón y Guzmán, 1983; Medel *et al.*, 1999; Medel, 2007). Éstas, comparadas con las treinta y dos mil que se consideran en el mundo (Kirk *et al.*, 2001), representan 2.1%. Guzmán (1998a) estimó que en México podrían crecer alrededor de doscientas mil especies de hongos y, de ser así, los

687 taxones comprenderían 0.34% de la diversidad fúngica mexicana. Considerando los ascomicetos micro y macroscópicos, las ciento cinco especies conocidas en Sonora representan 15.2% de los ascomicetos citados para México y el equivalente 0.05% de la diversidad estimada para el país. De acuerdo con Bates (2006), en Arizona se conocen mil doscientas noventa especies de macromycetos, de los cuales 98 son Ascomycetes y representan (0.31% de la diversidad a escala mundial) un porcentaje cercano a 0.26% de Sonora, excluyendo los ascomicetos microscópicos.

Entre los Ascomycetes, los microscópicos son los más numerosos y menos conocidos, y en los macroscópicos los Pezizales y Xylariales son de los más estudiados en el mundo. Lo anterior también se cumple para México, Sonora y Arizona. Aunque en los dos primeros el conocimiento sobre Xylariales es significativamente mayor, mientras que en Arizona, de las 98 especies, setenta corresponden a Discomycetes (Pezizales).

Con respecto a los tipos de vegetación de donde proceden los Ascomycetes de Sonora, se observan por lo menos seis tipos: bosque de pino-encino, bosque de pino-encino asociado con galerías, bosque de encino, matorral desértico micrófilo, mezquital y matorral subtropical; el mayor porcentaje de especies se observó en el bosque de pino-encino. Referente a México, la mayor cantidad de taxones provienen de bosques tropicales y de niebla, también conocido como bosque mesófilo de montaña (Medel, 2007).

Los sustratos donde crecen los Ascomycetes en México y las entidades en comparación (Sonora y Arizona), la gran mayoría son lignícolas, colonizando ramas y troncos caídos. Como ejemplos representativos, la mayor parte de Pyrenomycetes y un buen número de Discomycetes. Entre los géneros con especies típicas que crecen sobre suelo, destacan *Helvella*, *Morchella* y *Peziza*. Los dos primeros con especies utilizadas en el arte culinario en distintas regiones de México. De las especies registradas para Sonora, sólo una se encontró sobre estiércol vacuno (*Poronia punctata*) y una sobre larva de un insecto Cicadidae (*Cordyceps sobolifera*). Las

cifras dadas sobre los Ascomycetes conocidos para Sonora (105 spp.), Arizona (98 spp.) y México (687 spp.), son bajas y revelan un conocimiento pobre sobre este grupo de hongos, por lo que aún falta mucho por realizar.

BASIDIOMYCETES

Tremellales

Pérez-Silva y Esqueda (1992) registraron las primeras 12 especies de hongos gelatinosos para Sonora; de éstos, *Tremella fibulifera* y *Dacryopinax yungensis* se citaron por primera vez para México. La mayoría de las especies determinadas son saprobias lignícolas sobre troncos y ramas muertas de *Quercus* spp. y *Pinus* spp. Se encontraron dos especies comestibles consumidas en el centro del país: *Auricularia auricula-judae* y *A. delicata*; la primera especie fue el primer hongo cultivado en el mundo. En un estudio realizado sobre los hongos que crecen en la zona urbana de Hermosillo (Esqueda *et al.*, 1995b), se observó sólo un hongo tremeloiide *Dacryopinax spathularia*.

Los especímenes estudiados de este último se recolectaron sobre madera de pino en un predio particular, con condiciones ambientales de alta humedad, lo cual, junto con las altas temperaturas alcanzadas durante el verano, simulaban un microambiente tropical. Lowy (1971) observó que el basidioma en *Dacryopinax spathularia* frecuentemente es espatulado en zonas templadas y a menudo ramificado a policefálico en material neotropical. Estas últimas características se encontraron en el material estudiado y con ello se determinó la influencia del medio ambiente sobre el fenotipo de la especie. Finalmente, en un estudio realizado en la Reserva de la Biosfera Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui (Esqueda *et al.*, 1999) se encontraron dos especies de hongos gelatinosos: *Auricularia polytricha* y *Exidia glandulosa*, la primera con una distribución amplia en el área de muestreo y la segunda restringida a una localidad. A escala nacional se han registrado alrededor de ochenta es-

pecies de este grupo de hongos (Guzmán, 1998b), lo cual representaría aproximadamente 25% de los Tremellales conocidos en Sonora, incluidos los nuevos registros del presente trabajo.

Hongos gasteroides

Este grupo de hongos es uno de los mejor conocidos y con el mayor número de publicaciones sobre la micobiota de Sonora. Se cuenta con un registro de 121 taxones y aunque existen publicaciones desde mediados del siglo pasado la referencia más antigua corresponde a Zeller (1948), quien propuso a *Morganella mexicana* como una especie nueva para la ciencia. Sin embargo, las contribuciones más importantes se han realizado en los últimos diez años.

La familia Lycoperdaceae cuenta con más de treinta especies registradas, destacando los géneros *Disciseda*, *Lycoperdon* y *Calvatia*. En la micobiota mexicana, y dentro de esta familia, *Lycoperdon excipuliforme*, *L. utrifforme*, *Disciseda cervina* y *D. verrucosa* solamente se han citado para Sonora (Esqueda *et al.*, 1990, 1995a y 1996; Aparicio-Navarro *et al.*, 1994; Pérez-Silva *et al.*, 1994 y 2000). *Calvatia pygmaea* es una interesante especie bovistoiide xerófila, la cual era prácticamente desconocida hasta estudios realizados recientemente en Baja California y Sonora. Contrario a su escaso conocimiento a escala mundial, es un taxón frecuentemente recolectado en las planicies del Desierto Sonorense en suelos básicos, bajo *Bursera*, *Parkinsonia* y *Olneya* (Moreno *et al.*, 2007a). *Disciseda hyalothrix* se ha recolectado en regiones áridas del noroeste de México: Chihuahua, Sonora y Baja California. *D. stuckertii* recientemente se propuso como una combinación nueva con base en recolecciones del Estado de México, Distrito Federal y diversos municipios de Sonora; asociada con vegetación de matorral desértico micrófilo, matorral espinoso y mezquital (Moreno *et al.*, 2007a). En el continente americano, *D. verrucosa* se ha citado únicamente para Sonora, encontrándose en ambientes áridos, semiáridos y templados y predominando en los dos primeros (Pérez-Silva *et al.*, 2000; Moreno *et al.*, 2007a).

La familia Tulostomaceae cuenta con 32 taxones citados de los géneros *Battarrea*, *Battarreoides*, *Chlamydompus*, *Phellorinia*, *Schizostoma* y *Tulostoma* para la micobiota sonorensis. De este último género, *T. cyclophorum*, *T. floridanum*, *T. mohavei*, *T. involucreatum*, *T. portoricense*, *T. squamosum*, *T. striatum* y *T. xerophilum*, únicamente se conocen para Sonora en la micobiota mexicana. En México, Sonora, con 27 especies, es el estado donde se tiene el mayor número de registros para *Tulostoma* (Wright *et al.*, 1972; Guzmán, 1975; Wright, 1987; Esqueda *et al.*, 2004), seguido por Baja California con diez (Moreno *et al.*, 1995). Aunque existen solamente dos registros de *T. portoricense* a escala mundial —de Puerto Rico, la localidad tipo y de Sonora, México—, se considera una buena especie con base en su combinación de caracteres morfológicos, particularmente por su ornamentación esporal (Esqueda *et al.*, 1998a). *Dictyocephalos attenuatus* destaca en esta familia debido a su escaso conocimiento sobre su distribución a escala mundial, circunscrito a regiones áridas en Estados Unidos, África, España y México —Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar (Esqueda *et al.*, 1998b).

El macromiceto más grande observado en Sonora corresponde a *Battarrea phalloides* con una altura hasta de 65 centímetros; asimismo, es el ejemplar de esta especie más alto registrado para México (Esqueda *et al.*, 2002). Se observó en un área de inundación del estero Tastiota en Hermosillo, Sonora, la cual está cubierta por vegetación halófila, *v.g.*, *Atriplex barclayana*, *Frankeria palmeri* y *Salicornia pacifica*, entre otras. Con un hábito similar, Jacobson *et al.* (1999) observaron 74 basidiomas de *B. phalloides* en un área de inundación temporal del río Kuiseb en el oeste de Namibia, África. Esta especie es utilizada por los indios Paiute de Nevada, Estados Unidos, como un cataplasma para inflamaciones y heridas. Felger y Moser (1991) registraron el uso de *Battarreoides diguetii*, taxonómicamente cercano a *B. phalloides*, por los indios seri en La Costa de Hermosillo, Sonora, para curar cortadas, heridas o quemaduras aplicándose la masa de esporas del hongo.

Podaxis pistillaris es una especie ampliamente distribuida y frecuentemente citada para las zonas áridas en la micobiota sonorensis; también es común recolectar *Disciseda bovista*, *Endoptychum arizonicum* y *Montagnea arenaria* (Guzmán y Herrera, 1969; Esqueda *et al.*, 1996 y 2000). Contrariamente, en las zonas templadas es frecuente observar *Astraeus hygrometricus*. En un muestreo realizado en la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, estacionalmente durante un año en cuatro tipos de vegetación, se determinaron 27 taxones de hongos gasteroides (Esqueda *et al.*, 2006). De éstos, *M. arenaria* y *P. pistillaris* obtuvieron el mayor número de recolecciones y mostraron la más amplia distribución en la reserva; especies pertenecientes a las familias Geastraceae y Lycoperdaceae tuvieron una distribución más restringida. El género con el mayor número de taxones fue *Tulostoma* con 12. *Geastrum berkeleyi*, *G. schmidelii* y *Tulostoma mohavei* fueron nuevos registros para México.

Geastrum es uno de los géneros mejor conocidos en la micobiota sonorensis. Derivado de un estudio en veinte localidades de tres regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad en Sonora: San Javier-Tepoca, Punta de Cirio y Sierra de Álamos, se determinaron 17 especies de *Geastrum*, siendo *G. pouzarii* y *G. pseudolimbatum* nuevos para la micobiota mexicana (Esqueda *et al.*, 2003). El mayor número de especímenes se recolectó en matorral espinoso y selva baja caducifolia. Aunque los gastrocarpos se observaron en las cuatro estaciones del año, fueron más comunes durante el verano y otoño. *G. floriforme* y *G. saccatum* se encontraron con mayor frecuencia. Sin embargo, la mayoría de las especies tiene un período de fructificación y un hábitat limitados como *G. fornicatum* y *G. xerophilum*, lo cual coincide con estudios realizados en el país (Pérez-Silva *et al.*, 1999).

Esqueda *et al.* (2000) estudiaron la composición de hongos gasteroides en un gradiente de vegetación en Sonora durante tres años, abarcando las cuatro estaciones del año, en siete tipos de vegetación. Se determinaron 405 recolecciones correspondientes a 77 especies, siendo los géneros mejor representados *Tulostoma* (16 spp.), *Geastrum* (13 spp.),

Lycoperdon (9 spp.) y *Disciseda* (7 spp.). La distribución de las especies de *Disciseda* y *Tulostoma* se observó principalmente en regiones áridas y semiáridas durante el verano en matorral espinoso, mientras que de *Lycoperdon* y *Scleroderma* se hizo en las regiones de bosques templados durante el verano.

En general, el mayor número de especies de hongos gasteroides se observó en verano y disminuyó progresivamente durante otoño, invierno y primavera (figura 1). Como resultado de la comparación entre localidades, los tipos de vegetación se dividieron en dos grandes grupos de acuerdo con su composición de hongos gasteroides: los de zonas áridas y semiáridas (matorral subinermes, matorral espinoso y selva baja caducifolia) y los de zonas templadas (bosque de encino-pino en suelos epitermales, bosque de encino, bosque de pino y bosque de encino-enebro-pino) (figura 2). Estos dos agrupamientos están relacionados entre sí con un bajo índice de similitud, lo que parece indicar la presencia de dos micobiotas particulares para cada uno de ellos. De las especies consideradas, 11.6% se en-

contró tanto en las regiones áridas y semiáridas como en las templadas: *Bovista acuminata*, *B. aestivalis*, *Calvatia bicolor*, *Cyathus stercoreus*, *Geastrum floriforme*, *G. saccatum*, *Lycoperdon pyriforme*, *Vascellum pratense* y *Tulostoma fimbriatum*. *G. saccatum* fue la más frecuentemente recolectada en ambas. En contraste, no se observó ninguna especie en común entre matorral subinermes y matorral espinoso comparados con bosque de encino-pino en suelos epitermales.

Asimismo, encontraron en los suelos de las localidades áridas un bajo porcentaje de saturación y contenido de materia orgánica, una textura gruesa y pedregosidad media, lo que provoca poca retención de humedad. El período de lluvias es limitado y las temperaturas extremas, condiciones de estrés que reducen la competencia entre especies y favorecen a las bien adaptadas a la aridez como *Montagnea arenaria*, *Podaxis pistillaris* y *Tulostoma* spp., caracterizadas por esporas de pared gruesa y pigmentada que las hacen resistentes a la desecación y al daño por rayos ultravioleta (Miller, 1995); asimis-

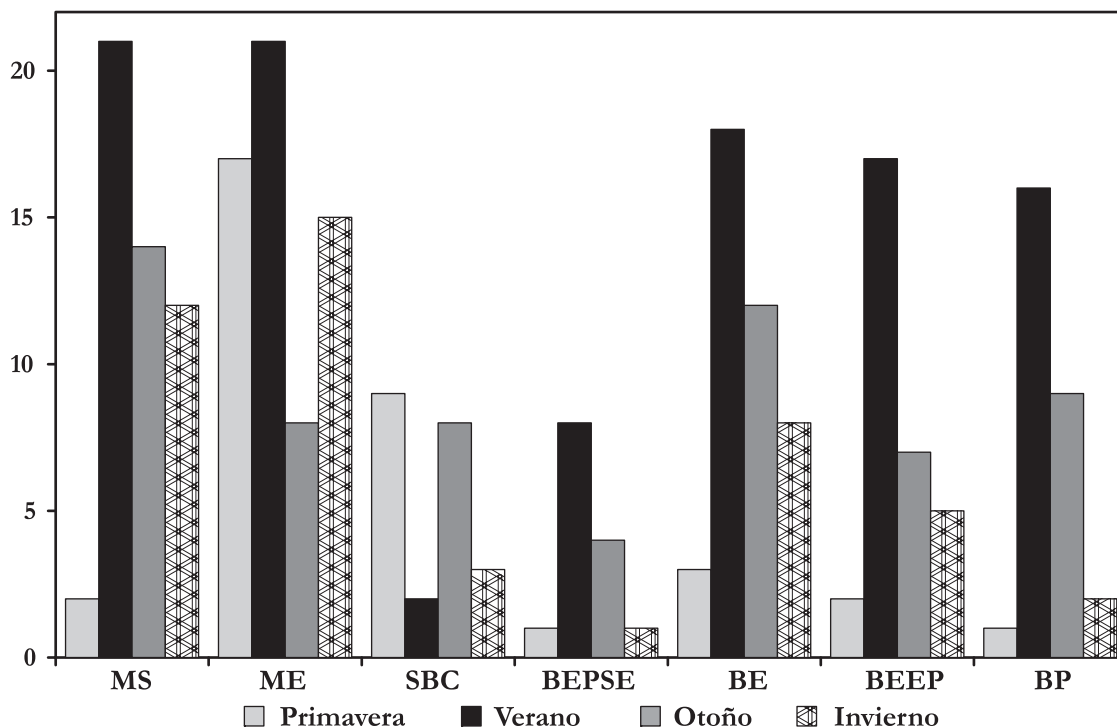


Figura 1. Variación en el número de especies de hongos gasteroides durante las estaciones del año a lo largo del gradiente de vegetación Hermosillo a Yécora, Sonora (MS = Matorral Subinermes; ME = Matorral Espinoso; SBC = Selva Baja Caducifolia; BEPSE = Bosque de Encino-Pino en Suelos Epitermales; BE = Bosque de Encino; BEEP = Bosque de Encino-Enebro-Pino; BP = Bosque de Pino). Fuente: Esqueda *et al.*, 2000.

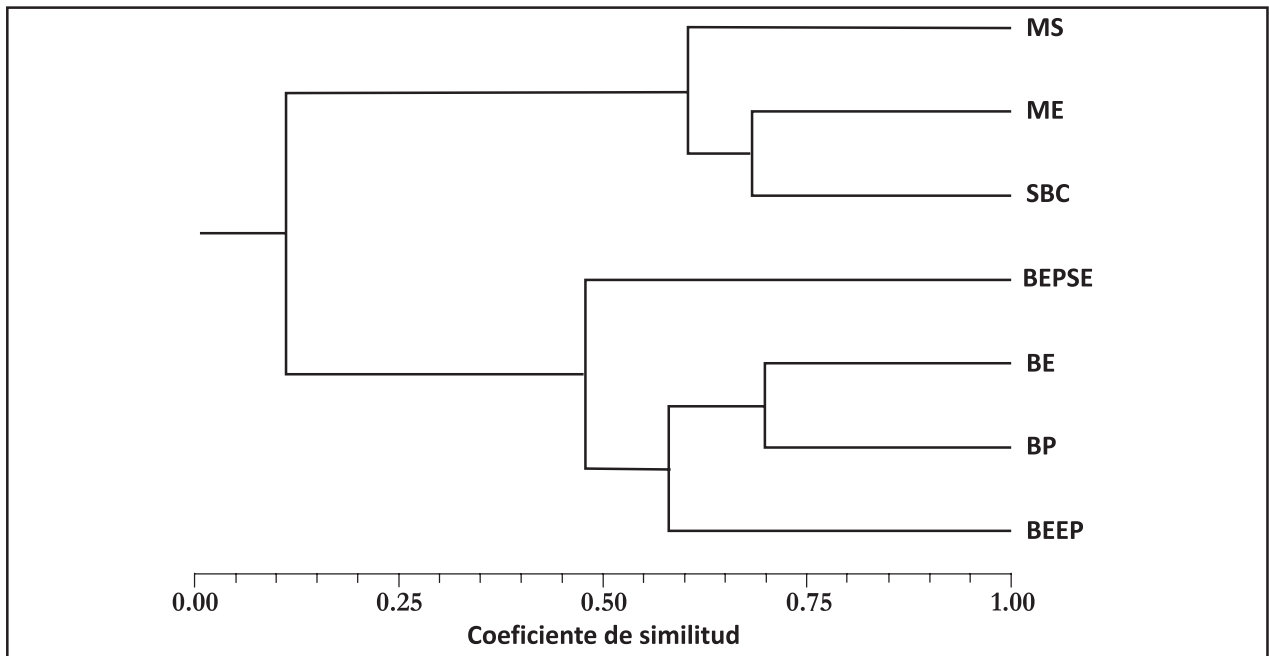


Figura 2. Dendrograma de similitud de los tipos de vegetación con base en la diversidad de hongos gasteroides presentes en el transecto de Hermosillo a Yécora (MS = Matorral Subinerme; ME = Matorral Espinoso; SBC = Selva Baja Caducifolia; BEPSE = Bosque de Encino-Pino en Suelos Epitermales; BE = Bosque de Encino; BEEP = Bosque de Encino-Enebro-Pino; BP = Bosque de Pino). Fuente: Esqueda *et al.*, 2000.

mo, sus esporas lisas facilitan su dispersión por el viento.

Contrariamente, en las regiones templadas se presentaron condiciones edáficas de menor estrés: alto porcentaje de saturación, textura delgada y buenos niveles de fertilidad, así como condiciones climáticas con períodos más amplios de precipitación y temperaturas más frescas, lo que favorece una mayor competencia entre especies, por lo que fructifican hongos menos tolerantes a amplios márgenes de temperatura y humedad como *Lycoperdon lividum* y *L. rimulatum*. Dentro de este grupo, las especies ampliamente distribuidas y frecuentemente recolectadas tienen esporas pequeñas, lisas o ligeramente ornamentadas, mientras que en los taxones con una distribución restringida, sus esporas son más grandes y fuertemente ornamentadas (Kreisel, 1991).

Esqueda *et al.* (2000) concluyeron que el tipo de vegetación y los factores físicos y químicos del suelo no son los factores determinantes de la composición de los hongos gasteroides, sino que se debe a una interacción de éstos y otros factores bióticos y abióticos, entre los que destacan las condiciones climáticas.

En total se ha registrado 121 especies de hongos gasteroides para Sonora y 146 para Arizona, Estados Unidos (Bates, 2006). De ellas, 64 taxones se han citado en ambos estados, principalmente de los géneros *Geastrum* (15 spp.), *Tulostoma* (12 spp.) y *Lycoperdon* (7 spp.). Si consideramos que se conocen alrededor de mil especies a escala mundial (Kirk *et al.*, 2001), 12.1% están registradas para Sonora. En el ámbito nacional, Guzmán (1998b) señala un aproximado de 180 taxones, lo cual representaría 67% de los gasteromicetos citados en la micobiota sonorense. Actualmente, gracias a los estudios de biología molecular, diversos géneros se han incluido en la familia Agaricaceae, *v.g.*, *Cyathus*, *Disciseda*, *Lycoperdon*, *Tulostoma*, entre otros.

Agaricales

El primer registro de un Agarical para Sonora correspondió a *Agaricus* sp., con base en colección depositada en el extranjero (Guzmán, 1972). Posteriormente, Pérez-Silva y Herrera (1991) citaron sin localidad precisa varias especies de *Amanita*, a saber: *Amanita ceciliae*, *A. cokeri*, *A. crocea*, *A. flavo-*

conia, *A. gemmata*, *A. rubescens* y *A. verna*. En un estudio realizado en la zona urbana de Hermosillo, Sonora, Esqueda *et al.* (1995b) registraron *Coprinopsis atramentaria*, *Coprinus ephemerus*, *C. lagopus*, *C. quadrifidus* y *C. silvaticus*, siendo todos nuevos para la micobiota de Sonora y *C. quadrifidus* primera cita para México. Con respecto a la familia Agaricaceae se encontraron dos especies cosmopolitas: *Chlorophyllum molybdites* y *Leucocoprinus birnbaumii*. En relación a Pluteaceae se registró por primera vez para México a *Pluteus petasatus*.

En la Reserva de la Biosfera Sierra de Álamos-Río Cuchujaquí, la cual representa el límite norte del bosque tropical en el continente americano, Esqueda *et al.* (1999) citaron *Rugosopora pseudorubiginosa*, género únicamente conocido en el centro de África, México y Colombia. En México se ha registrado de Chiapas, Veracruz (Guzmán *et al.*, 1989) y Jalisco (Bautista y Aguirre, 2004). Asimismo, encontraron taxones fímícolos: *Coprinus micaceus* y *Panaeolus firmicola*; especies comestibles y cultivadas: *Pleurotus djamor* y *Volvariella bombycina*. También se observaron taxones característicos de selva baja caducifolia: *Hohenbuehelia petalodes*, *Lepiota azurea*, *Marasmius epiphyllus* y *M. haematocephalus*. La distribución de *Chlorophyllum molybdites* fue amplia en la reserva.

Pérez-Silva *et al.* (2006) determinaron 114 especies, registrando por primera vez para la micobiota sonorensis 104 especies de Agaricales y ampliando el conocimiento sobre la distribución de diez taxones. Éstos provenían de bosque de encino (46), bosque de pino-encino (54), bosque de encino-pino (10), bosque de encino-enebro-pino (4), matorral espinoso (4), matorral mediano subinermes (2), matorral subinermes (9), mezquital (3) y selva baja caducifolia (16). Dentro de Pleurotaceae se encontraron en el bosque de encino-pino a *Pleurotus dryinus* y *P. ostreatus*, mientras que en bosque tropical a *P. ostreatoroseus*. Estas especies lignícolas, comestibles y cultivadas se han registrado con frecuencia para México. Con respecto a Hygrophoraceae e Hygrophoropsidaceae se observaron a *Hygrophorus russula* e *Hygrophoropsis aurantiaca*, res-

pectivamente, en bosque de pino-encino, los cuales presentan una distribución amplia en México.

En Marasmiaceae se identificaron especies comestibles como *Armillaria borealis*, que es parásita de plantas superiores como *Quercus* spp. Las especies determinadas de *Marasmius* fueron *M. ferrugineus* y *M. quercophilus*, que tienen importancia ecológica, ya que reciclan la materia orgánica y, aunque algunas son comestibles y fructifican abundantemente después de las lluvias, no tienen valor culinario debido a su tamaño pequeño. Dentro de los hongos tóxicos se encontró a *Omphalotus olearius* con crecimiento muy abundante dentro y fuera de la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe. En general, las especies determinadas en esta familia se conocen bien en la micobiota de México. Por otro lado, la mayoría de las especies estudiadas de Tricholomataceae provienen de bosque de pino-encino y las de Hydnangiaceae de bosque de encino, encontrándose comestibles, micorrízicas y parásitas; corresponden a taxones frecuentemente citados para México.

En Pluteaceae, *Amanita* fue el género mejor representado con 22 especies, algunas de las cuales pueden ocasionar diversos tipos de micetismo como el faloidiano, que es el más peligroso, derivado del consumo de *A. bisporigera*, *A. verna* y *A. virosa* (Pérez-Silva y Herrera, 1991). *Amanita muscaria* ocasiona micetismo muscarínico, mientras que *A. pantherina*, micetismo panterínico (Pérez-Silva *et al.*, 2008). Numerosos taxones son bien conocidos en la micobiota de México: *Amanita ceciliae*, *A. fulva*, *A. gemmata* y *A. rubescens*, entre otras. Algunas ocasionan micetismo gastrointestinal. Contrariamente, *A. daucipes* se registró por segunda vez para México; sólo se conocía del Estado de México (Pérez-Silva *et al.*, 2001b). Dentro de *Pluteus* (familia Pluteaceae) determinaron a *P. cervinus*, con una distribución amplia en México, y *P. romellii*, citada únicamente de Michoacán (Rodríguez *et al.*, 2004). Asimismo, los registros de las especies encontradas de *Volvariella* son escasos, destacando *V. volvacea* por ser comestible y cultivada de la Reserva de la Biosfera Sierra de Álamos-Río Cuchujaquí.

En Agaricaceae se observaron tanto especies comestibles (*Agaricus arvensis* y *A. solidipes*) como tóxicas que pueden ocasionar micetismo gastrointestinal: *Chlorophyllum molybdites* y *Agaricus xanthodermus*. En Coprinaceae se amplía el conocimiento sobre la distribución de *Coprinopsis atramentaria* y *Coprinus silvaticus* en Sonora, previamente registradas para la zona urbana de Hermosillo (Esqueda *et al.*, 1995b); el primero ocasiona micetismo coprinico (Pérez-Silva *et al.*, 2008). Dentro de esta familia destaca *Coprinus comatus*, por ser comestible y cultivado. Con respecto a Strophariaceae, se encontraron varios taxones fimícolas y tóxicos, comúnmente observados en diversas partes del país: *Psilocybe coprophila* y *P. cubensis*.

Algunas especies de Boletaceae y Suillaceae consideradas en este estudio son comestibles y micorrízicas: *Boletellus ananas*, *Boletus edulis*, *B. frostii*, *Strobilomyces strobilaceus* y *Suillus granulatus*, fructifican principalmente en bosques de encino y pino-encino durante el verano, como se ha observado en diversas entidades de México. Cabe aclarar que este grupo de hongos es muy diverso en el estado y requiere de especial atención por parte de los taxónomos especialistas en Boletales. Dentro de Russulaceae, la mayoría de las especies determinadas son micorrízicas y provienen de bosque de pino-encino: *Lactarius chrysorrheus*, *L. indigo*, *L. volemus*, *Russula foetens* y *R. nigricans*. Entre los hongos con valor culinario destaca *L. indigo*, que es un hongo muy abundante en la mayoría de los estados con bosques de encino, pino-encino y mesófilo de montaña. Varias especies de *Russula* y *Lactarius* pueden ocasionar micetismo gastrointestinal (Pérez-Silva, 2004).

El conocimiento actual sobre la diversidad de Agaricales presentes en Sonora está circunscrito a 139 especies, incluyendo algunas de los órdenes Boletales (11) y Polyporales (6). Si consideramos que para el mundo se han descrito seis mil taxones, el porcentaje que representa es aún bajo (2.31%). En el ámbito nacional se han registrado hasta la fecha aproximadamente mil seiscientas especies, incluyendo los Boletales y los hongos agaricoides pertenecientes al orden Polyporales, lo que equivaldría

a 26.7% de las especies a escala mundial. Por lo tanto, en el ámbito nacional, Sonora cuenta con 8.7% del conocimiento de este grupo en México. En Arizona, Estados Unidos, se han registrado 360 especies de hongos agaricoides (Bates, 2006) y 71 de ellos también en Sonora. El conocimiento sobre los órdenes Boletales y Russulales es contrastante en ambas entidades, 42 y 63 taxones en Arizona vs. 11 y 12 especies en Sonora, respectivamente. Contrariamente, en el género *Amanita* se han citado 23 y 22 especies en Arizona y Sonora, respectivamente, compartiendo 12 taxones, más de cincuenta por ciento.

Hongos afileforoides

Donk (1964) señala que el Orden Aphyllophorales Rea incluye un grupo artificial de hongos Hymenomycetes con holobasidios y caracteres opuestos al Orden Agaricales, los cuales forman fructificaciones diferentes. Además, presentan basidiomas generalmente de consistencia correosa a leñosa, ocasionalmente carnosa o subcarnosa; himenóforo liso, verrugoso, dentado, irpiciforme, venoso, poroide y, ocasionalmente, laberintiforme o laminar; en este último caso la consistencia nunca es carnosa.

Inicialmente, Guzmán (1972) registró diez especies para la región al estudiar especímenes depositados en el herbario BPI de Beltsville, Estados Unidos. Posteriormente, Valenzuela *et al.* (1981) citaron a *Lentinus tigrinus* y Pérez-Silva *et al.* (1988) a *Pycnoporus sanguineus*. Pérez-Silva *et al.* (1993) determinaron 28 especies, de las cuales 24 fueron nuevos registros para la micobiota de Sonora y *Gloeophyllum odoratum* primera cita para México. En la zona urbana de Hermosillo, Esqueda *et al.* (1995b) publicaron las primeras recolecciones de *Phanerochaete sordida*, *Schizopora paradoxa*, *Ganoderma applanatum* y *Amylosporus campbellii* en el estado de Sonora.

Como parte de la diversidad de hongos en la Reserva de la Biosfera Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui, Esqueda *et al.* (1999) encontraron doce taxones nuevos para Sonora, incluidos *Diacanthodes novoguineensis* y *Humphreya coffeata*, ambos con una

distribución tropical. Aunque el primero cuenta con pocos registros en Estados Unidos, Brasil y México, este último en la Reserva de la Biosfera El Cielo en Tamaulipas (Valenzuela y Chacón-Jiménez, 1991), mientras que en el segundo su distribución es más amplia en el continente americano y en México su límite norte hasta ahora conocido corresponde a la Sierra de Álamos donde fructifica en verano sobre restos de raíces y troncos enterrados.

Montaño *et al.* (2006) estudiaron 57 especies de Aphyllophorales de la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe. De éstas, 37 fueron nuevos registros para la micobiota sonorensis y cinco se mencionaron por primera vez para México: *Inonotus texanus*, *Phellinus arctostaphyli*, *Meruliopsis ambigua*, *Perenniporia fraxinophila* e *Hyphodontia apacheriensis*. El mayor número de especies se presentó en bosque de pino-encino (32), seguido por bosque de pino-encino asociado con bosque de galería (25) y mezquital (14). Las familias mejor representadas fueron Hymenochaetales (20) y Coriolales (16). *Polyporus arcularius* y *Schizophyllum commune* tuvieron la distribución más amplia.

Por otro lado, en el mismo estudio algunas especies se recolectaron en hospederos específicos como *Bjerkandera adusta*, *Merulius tremulosus*, *Hericium erinaceus*, *Inonotus dryophilus*, *Laetiporus sulphureus*, *Phellinus everhartii*, *P. robustus*, *Polyporus alveolaris*, *Trametes hirsuta* y *Trichaptum biforme*, que se encontraron creciendo sólo sobre *Quercus* spp.; *Gloeophyllum mexicanum* sobre *Pinus* sp.; *Inonotus texanus* sobre *Prosopis* sp.; *Phellinus tremulae* sobre *Populus tremuloides* y *Phellinus arctostaphyli* sobre *Arctostaphylos pungens*. Asimismo, *Schizophyllum commune*, *Hymenochaete escobarii*, *Phellinus badius*, *P. gilvus*, *P. linteus*, *Fomitopsis feei*, *Humphreya coffeatum*, *Gloeophyllum striatum*, *Trametes villosa* y *Trichaptum byssogenum* se observaron sobre diversas leguminosas. Otras especies se recolectaron en dos o más hospederos como *Perenniporia fraxinophila* sobre *Fraxinus* sp. y *Quercus* sp.; *Trametes versicolor* sobre *Quercus* sp. y *Acer* sp.; *Merulipos corium* sobre *Quercus* sp. y *Prosopis* sp.

Con la inclusión de los especímenes de Aphyllophorales depositados en el Herbario de la Universidad de Arizona, recolectados por los doctores R.L. Gilbertson y T. Van-Devender en la Reserva de la Biosfera Sierra de Álamos-Río Cachujaqui, el número de especies de este grupo de hongos se incrementó a 171, incluidos en 81 géneros, 29 familias y ocho órdenes dentro de la Clase Hymenozygomycetes. Con base en esta cifra, los hongos afiloforoides son el grupo morfológico con mayor número de especies en Sonora, aunque no el mejor representado, ya que a escala mundial se han descrito 3 253 taxones en este grupo de hongos (Mueller y Schmit, 2007), por lo que podemos señalar que 5.2% de las especies está representado en dicho estado.

Por otro lado, ha sido difícil contabilizar el número de especies de Aphyllophorales para México, toda vez que los datos están muy dispersos. Sin embargo, si consideramos que se han citado alrededor de 565 especies de hongos afiloforoides, a saber: poliporoides (350), teleforoides y corticioides (100), hidnoides (60), clavarioides (40) y cantarelloides (15), la suma de estas estimaciones equivaldría a 17.4% de especies a escala mundial y Sonora estaría representado con 30.3% de las especies de México. Al comparar Arizona, Estados Unidos (Bates, 2006), y Sonora, se observa una gran diferencia en el número de especies de hongos afiloforoides, 622 vs. 171, con 93 taxones en común. El orden Polyporales es el más representativo en ambas entidades, con 375 y 71 especies, respectivamente.

CONCLUSIÓN

El listado actual de 658 especies incluye hongos comestibles, tóxicos, micorrízicos, parásitos, fitopatógenos, entre otros. Este conocimiento básico abarca organismos con potencial biotecnológico y, con ello, existen bases para un crecimiento en el campo de la micología aplicada en Sonora. Sin embargo, este conocimiento es todavía incipiente, prueba de ello son los resultados de exploraciones recientes en áreas naturales protegidas en el estado,

donde la diversidad fúngica ha sido elevada y se han encontrado numerosos registros nuevos para la micobiota de México y, más aún, poco conocidos en el ámbito mundial.

Aunque alrededor de cincuenta por ciento de los municipios de Sonora cuentan al menos con un registro fúngico, en la mayor parte del territorio sonorense no se han realizado muestreos sistemáticos. Sonora es el segundo estado con más extensión territorial en el país, con una gran diversidad de tipos de vegetación y microhábitats, por lo cual el potencial para incrementar la lista de hongos es significativamente alto.

Para la toma correcta de decisiones en el manejo de los recursos naturales y su desarrollo sostenible es de vital importancia el conocimiento de la biodiversidad fúngica, ya que descomponen la materia orgánica y promueven el crecimiento vegetal, además de que provocan numerosas enfermedades; asimismo, tienen una importancia económica elevada como comestibles, biofertilizantes, medicamentos, nutracéuticos y por su aplicación en el control biológico y la biorremediación, entre otros, todo lo cual define el beneficio potencial de las investigaciones micológicas.

AGRADECIMIENTOS

A Conacyt, Conabio, Cesues, UNAM y CIAD por el financiamiento a nuestras investigaciones sobre la diversidad de hongos en Sonora. A Ricardo Valenzuela, Gabriel Moreno, Fátima Méndez, Leonardo Verdugo, Martha Coronado y Martín Esqueda por las fotografías de las láminas 5 y 6 de la galería del presente libro. A los estudiantes de la Licenciatura en Ecología del Cesues, quienes fueron la fortaleza, a través de su entusiasmo e interés por la micología, para iniciar el proyecto sobre la micobiota sonorense.

LITERATURA CITADA

APARICIO-NAVARRO, A., A. QUIJADA-MASCAREÑA, T.

- QUINTERO-RUIZ y A. BÚRQUEZ. 1994. Nuevos gasteromicetos para la micobiota de Sonora. México. *Ecología* 3: 11-14.
- BATES, S.T. 2006. A Preliminary Checklist of Arizona Macrofungi. *Canotia* 2: 47-78.
- BATES, S.T. y A. BARBER. 2008. A Preliminary Checklist of Arizona Slime Molds. *Canotia* 4: 8-19.
- BAUTISTA, S., y C.E. AGUIRRE. 2004. Algunas especies de Lepiotáceos de la estación de biología Chamela, Jalisco, México. *Revista Mexicana de Micología* 18: 39-45.
- BLACKWELL, M. y R.L. GILBERTSON. 1980a. Sonoran Desert Myxomycetes. *Mycotaxon* 11: 139-149.
- BLACKWELL, M. y R.L. GILBERTSON. 1980b. *Didymium eremophilum*: A New Myxomycete from the Sonoran Desert. *Mycologia* 72: 791-797.
- BLACKWELL, M. y R.L. GILBERTSON. 1984. Distribution and Sporulation Phenology of Myxomycetes in the Sonoran Desert of Arizona. *Microbial Ecology* 10: 369-377.
- BRAUN, K.L. y H.W. KELLER. 1976. Myxomycetes of Mexico I. *Mycotaxon* 3: 297-317.
- BRUNDRETT, M. 1991. Mycorrhizas in Natural Ecosystems. *Advances in Ecological Research*. 21: 171-313.
- CHACÓN, S., y G. GUZMÁN. 1983. Especies de macromicetos citados de México, V. Ascomycetes, parte II. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 18: 103-114.
- CORTEZ-ROCHA, M.O., W.R. RAMÍREZ-ASTUDILLO, R.I. SÁNCHEZ-MARÍNEZ, E.C. ROSAS-BURGOS, F.J. WONG-CORRAL, J. BORBOA-FLORES, L.G. CASTILLÓN-CAMPAÑA y M. TEQUIDA-MENESES. 2003. Fumonisin and Fungal Species in Corn from Sonora, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 70: 668-673.
- DONK, M.A. 1964. A Conspectus of the Families of Aphyllophorales. *Persoonia* 3: 199-324.
- ESQUEDA, M., E. PÉREZ-SILVA, T. HERRERA, A. ALTÉS y G. MORENO. 1998a. *Tulostoma portoricense* (Tulostomatales, Gasteromycetes) from Mexico. *Mycotaxon* 68: 499-503.
- ESQUEDA, M., E. PÉREZ-SILVA, T. HERRERA y G. MORENO. 1998b. Adiciones al conocimiento de los gasteromicetos de Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 14: 41-52.
- ESQUEDA, M., E. PÉREZ-SILVA, T. HERRERA, F. SAN MARTÍN y R. SANTOS-GUZMÁN. 1999. Macromicetos de selva baja caducifolia I: Álamos, Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 15: 73-78.

- ESQUEDA, M., E. PÉREZ-SILVA, T. HERRERA, M. CORONADO y A. ESTRADA-TORRES. 2000. Composición de gasteromicetos en un gradiente de vegetación de Sonora, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 71: 39-62.
- ESQUEDA, M., E. PÉREZ-SILVA y T. HERRERA. 1995a. New Records of Gasteromycetes for Mexico. *Documents Mycologiques* 98-100: 151-160.
- ESQUEDA, M., E. PÉREZ-SILVA, T. HERRERA, R.E. VILLEGAS y V. ARAUJO. 1995b. Macromicetos de zonas urbanas II: Hermosillo, Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 11: 123-132.
- ESQUEDA, M., I. HIGUERA-CIAPARA y J. NIEBLAS. 1995c. Aflatoxina M₁ en leche comercializada en Hermosillo, Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 11: 179-183.
- ESQUEDA, M., E. PÉREZ-SILVA, T. HERRERA y R.E. VILLEGAS. 1996. Los Gasteromycetes citados de Sonora. *Vinculación* 1: 3-16.
- ESQUEDA, M., E. PÉREZ-SILVA y M. CORONADO. 1992. Nuevos registros de Pezizales para Sonora. *Revista Mexicana de Micología* 8: 43-54.
- ESQUEDA, M., G. MORENO, E. PÉREZ-SILVA, A. SÁNCHEZ y A. ALTÉS. 2004. The Genus *Tulostoma* in Sonora, Mexico. *Mycotaxon* 90: 409-422.
- ESQUEDA, M., M. CORONADO, A. SÁNCHEZ, E. PÉREZ-SILVA y T. HERRERA. 2006. Macromycetes of Pinacate and Great Altar Desert biosphere reserve, Sonora, Mexico. *Mycotaxon* 95: 81-90.
- ESQUEDA, M., T. HERRERA, E. PÉREZ-SILVA, A. APARICIO y G. MORENO. 2002. Distribution of *Battarrea phaloides* in Mexico. *Mycotaxon* 82: 207-214.
- ESQUEDA, M., T. HERRERA, E. PÉREZ-SILVA y A. SÁNCHEZ. 2003. Distribution of *Geastrum* Species from Some Priority Regions for Conservation of Biodiversity of Sonora, Mexico. *Mycotaxon* 87: 445-456.
- ESQUEDA, M. y M. CORONADO-ANDRADE. 1991. Micobiota de Sonora. Pezizales y Xylariales. *Memorias del IV Congreso Nacional de Micología*. Universidad Autónoma de Tlaxcala, México, octubre 14-18, p. 23.
- EVENSON, A. 1961. A Preliminary Report of the Myxomycetes of Southern Arizona. *Mycologia* 53: 137-144.
- FELGER, R., y M. MOSER. 1991. *People of the Desert and Sea. Ethnobotany of the Seri Indians*. 2a. ed., University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- GARCÍA-ROMERO, L., G. GUZMÁN y T. HERRERA. 1970. Especies de macromicetos citados de México I. Ascomicetes, Tremellales y Aphyllophorales. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 4: 54-76.
- GUZMÁN, G. 1972. Macromicetos mexicanos en el herbario The National Fungus Collections de EUA. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 32: 31-55.
- GUZMÁN, G. 1975. Hongos mexicanos (macromicetos) en los herbarios del extranjero III. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 9: 85-102.
- GUZMÁN, G. 1998a. Inventorying the Fungi of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 7: 369-384.
- GUZMÁN, G. 1998b. Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México. Ensayo sobre el inventario fúngico del país. En: G. Halffter (comp.) *La diversidad biológica de Iberoamérica II* (volumen especial) Acta Zoológica Mexicana, Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México, pp. 111-175.
- GUZMÁN, G., V. BANDALA, L. MONTOYA e Y. SALDARRIAGA. 1989. Nuevas evidencias sobre las relaciones micoflorísticas entre África y el neotrópico. El género *Rugospora* Heinem (Fungi, Agaricales) *Brenesia* 32: 107-112.
- GUZMÁN, G. y T. HERRERA. 1969. Macromicetos de las zonas áridas de México II. Gasteromicetos. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 40: 1-92.
- HAWKSWORTH, D.L. 1991. The Fungal Dimension of Biodiversity: Magnitude, Significance, and Conservation. *Mycological Research* 95: 641-655.
- JACOBSON, K.M., P.J. JACOBSON y O.K. MILLER JR. 1999. The Autoecology of *Battarrea stevenii* in Ephemeral Rivers of Southwestern Africa. *Mycological Research* 103: 9-17.
- ILLANA, C., G. MORENO y M. LIZÁRRAGA. 2000. Catálogo de Myxomycetes de México. *Stappia* 73: 167-186.
- KIRK, P.M., P.F. CANNON, J.C. DAVID y J.A. STALPERS. 2001. *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi*. 9a ed. CAB International, Cambridge, Inglaterra.
- KLICH, M.A. 2002. Biogeography of *Aspergillus* Species in Soil and Litter. *Mycologia* 94: 21-27.
- KREISEL, H. 1991. Neoteny in the Phylogeny of Eumycota. En: D.L. Hawksworth ed. *Frontiers in mycology*. CAB International, Wallingford, Inglaterra, pp. 69-83.
- LIZÁRRAGA, M., G. MORENO, M. ESQUEDA, A. SÁNCHEZ y M. CORONADO. 2007. Myxomycetes from Sonora, Mexico 3: National Forest Reserve and Wildlife Refuge, Ajos-Bavispe. *Mycotaxon* 99: 291-301.
- LIZÁRRAGA, M., G. MORENO, M. ESQUEDA y M.L. CO-

- RONADO. 2008. Myxomycetes of Sonora, Mexico 4: Sierra de Alamos-Río Cuchujaqui Biosphere Reserve. *Mycotaxon* 103: 153-170.
- LOWY, B. 1971. Tremellales. Hafner Publishing, Nueva York. *Flora Neotropica* 6:1-153.
- MACBRIDE, H.T. y C.L. SMITH. 1896. The Nicaraguan Myxomycetes. With Notes on Certain Mexican Species. *Bulletin from the Laboratories of Natural History of the State University of Iowa* 4: 73-75.
- MEDEL, R. 2002. Nuevos registros de Pyrenomycetes (Ascomycotina) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 70: 79-85.
- MEDEL, R. 2007. Especies de Ascomycetes citados de México IV: 1996-2006. *Revista Mexicana de Micología* 25: 69-76.
- MEDEL, R., G. GUZMÁN y S. CHACÓN. 1999. Especies de macromicetos citadas de México IX. Ascomycetes, parte III: 1983-1996. *Acta Botánica Mexicana* 46: 57-72.
- MÉNDEZ-MAYBOCA, F.R., S. CHACÓN, M. ESQUEDA y M.L. CORONADO. 2008. Ascomycetes of Sonora, Mexico I: The Ajos-Bavispe National Forest Reserve and Wildlife Refuge. *Mycotaxon* 103: 87-95.
- MÉNDEZ-MAYBOCA, F.R., S. CHACÓN, M.L. CORONADO y M. ESQUEDA. 2007. Ascomycetes de Sonora, México II: Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe. *Revista Mexicana de Micología* 25: 33-40.
- MEZA-MOLLER, A., M. ESQUEDA, A. GARDEA, M. TIZNADO y G. VIRGEN-CALLEROS. 2007. Variabilidad morfológica, patogénica y susceptibilidad a fungicidas de *Rhizoctonia solani* aislado de rizósfera de *Vitis vinifera* var. *perlette seedless*. *Revista Mexicana de Micología* 24: 1-7.
- MILLER, S.L. 1995. Functional Diversity in Fungi. *Canadian Journal of Botany* 73 (suplemento 1) 50-57.
- MONTAÑO, A., R. VALENZUELA, A. SÁNCHEZ, M. CORONADO y M. ESQUEDA. 2006. Aphyllophorales de Sonora, México I. Algunas especies de la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe. *Revista Mexicana de Micología* 23: 17-26.
- MORENO, G., A. ALTÉS, C. OCHOA y J.E. WRIGHT. 1995. Contribution to the Study of the Tulostomataceae in Baja California, Mexico. *Mycologia* 87: 96-120.
- MORENO, G., C. ILLANA, M. ESQUEDA, A. CASTILLO y E. PÉREZ-SILVA. 2004. Notes on Myxomycetes from Mexico II. *Boletín Sociedad Micológica de Madrid* 28: 55-63.
- MORENO, G., M. ESQUEDA, E. PÉREZ-SILVA, T. HERRERA y A. ALTÉS. 2007a. Some Interesting Gasteroid and Secotiid Fungi from Sonora, Mexico. *Persoonia* 19: 265-280.
- MORENO, G., M. LIZÁRRAGA, M. ESQUEDA, E. PÉREZ-SILVA y T. HERRERA. 2006. Myxomycetes de Sonora, México II: Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe. *Revista Mexicana de Micología* 22: 13-23.
- MORENO, G., M. LIZÁRRAGA y C. ILLANA. 2007b. Catálogo de los Myxomycetes de México. *Boletín Sociedad Micológica de Madrid* 31: 187-229.
- MUELLER, G.M. y J.P. SCHMIT. 2007. Fungal Biodiversity: What do we Know? What can we Predict? *Biodiversity and Conservation* 16: 1-5.
- OGATA, N., D. NESTEL, V. RICO-GRAY y G. GUZMÁN. 1994. Los Myxomycetes citados de México. *Acta Botánica Mexicana* 27: 39-51.
- PADILLA, E., M. ESQUEDA, A. SÁNCHEZ, R. TRONCOSO-ROJAS y A. SÁNCHEZ. 2006. Efecto de biofertilizantes en cultivo de melón con acolchado plástico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 321-329.
- PÉREZ-SILVA, E. 1973. El género *Daldinia* (Pyrenomycetes) en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 7: 51-58.
- PÉREZ-SILVA, E. 2004. Intoxicación por hongos. En: O.B. Martínez ed. *Intoxicaciones*. McGraw-Hill-Interamericana, México, pp. 305-329.
- PÉREZ-SILVA, E., E. AGUIRRE-ACOSTA y C. PÉREZ-AMADOR. 1988. Aspectos sobre el uso y la distribución de *Pycnoporus sanguineus* (Polyporaceae) en México. *Revista Mexicana de Micología* 4: 137-144.
- PÉREZ-SILVA, E., E. BÁRCENAS y C. AGUILAR. 2001b. *Guía micológica del género Amanita del Parque Estatal Sierra de Nanchititla*. Cuadernos de Investigación. Cuarta época/18. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
- PÉREZ-SILVA, E., M. ESQUEDA, T. HERRERA, G. MORENO y A. ALTÉS. 2000. *Disciseda verrucosa* (Gasteromycetes) in Mexico. *Mycotaxon* 76: 337-341.
- PÉREZ-SILVA, E., M. ESQUEDA, T. HERRERA y M. CORONADO. 2006. Nuevos registros de Agaricales en Sonora, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 23-33.
- PÉREZ-SILVA, E., M. ESQUEDA y A. ARMENTA-CALDERÓN. 1996. Ascomycetes de Sonora I: Dyscomycetes y Pyrenomycetes. *Revista Mexicana de Micología* 12: 97-106.
- PÉREZ-SILVA, E., M. ESQUEDA y M. AMAYA-LÓPEZ. 1993. Nuevos registros de Aphyllophorales de Sonora, México. *Ecológica* 3: 23-28.

- PÉREZ-SILVA, E., M. ESQUEDA y T. HERRERA. 1994. Contribución al conocimiento de los gasteromicetos de Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 10: 77-101.
- PÉREZ-SILVA, E., M. ESQUEDA y T. HERRERA. 2008. Macromicetos tóxicos de Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 28: 81-88.
- PÉREZ-SILVA, E., T. HERRERA, M. ESQUEDA, C. ILLANA y G. MORENO. 2001a. Myxomycetes of Sonora, Mexico I. *Mycotaxon* 77: 181-192.
- PÉREZ-SILVA, E., T. HERRERA y M. ESQUEDA. 1999. Species of *Geastrum* (Basidiomycotina: Geastraceae) from Mexico. *Revista Mexicana de Micología* 15: 89-104.
- PÉREZ-SILVA, E. y M. ESQUEDA. 1992. First Records of Jelly Fungi (Dacrymycetaceae, Auriculariaceae, Tremellaceae) from Sonora, Mexico. *Mycotaxon* 44: 475-483.
- PÉREZ-SILVA, E. y T. HERRERA. 1991. *Iconografía de macromicetos de México I. Amanita*. Instituto de Biología. Publicaciones Especiales 6. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PIVONIA, S., R. COHEN, J. KIGEL y J. KATAN. 2002. Effect of Soil Temperature on Disease Development in Melon Plants Infected by *Monosporascus cannonballus*. *Plant Pathol* 51: 472-479.
- RANZONI, F.V. 1968. Fungi Isolated in Culture from Soils of the Sonoran Desert. *Mycologia* 60: 356-371.
- RODRÍGUEZ, O., G. MORENO y M. HEYKOOP. 2004. El género *Pluteus* en México. Diagnósis latinas y comentarios taxonómicos, corológicos y ecológicos. *Boletín Sociedad Micológica de Madrid* 28: 291-314.
- SAN MARTÍN, F., J.D. ROGERS, P. LAVIN, E. PÉREZ-SILVA y M. ESQUEDA. 1999c. New Records of Xylariaceae of Sonora, Mexico. *Mycotaxon* 71: 129-134.
- SAN MARTÍN, F., P. LAVIN, M. ESQUEDA y E. PÉREZ-SILVA. 1999b. Additions to the Known Xylariaceae (Hymenoascomycetes, Xylariales) of Sonora, Mexico. *Mycotaxon* 70: 77-82.
- SAN MARTÍN, F., P. LAVÍN y M. ESQUEDA. 1999a. *Distorimula* a New Ascomycete Genus from Sonora, Mexico. *Mycotaxon* 73: 263-265.
- SCHMIT, J.P. y G.M. MUELLER. 2007. An Estimate of the Lower Limit of Global Fungal Diversity. *Biodiversity and Conservation* 16: 99-111.
- SMITH, S.E. y D.J. READ. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. 2a ed., Academic Press, Londres.
- STUTZ, J.C., R. COPEMAN, C.A. MARTIN y J.B. MORTON. 2000. Patterns of Species Composition and Distribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Arid Regions of Southwestern North America and Namibia, Africa. *Canadian Journal of Botany* 78: 237-245.
- VALENZUELA, R., G. GUZMÁN y J. CASTILLO. 1981. Descripción de especies de macromicetos poco conocidos en México, con discusiones sobre su ecología y distribución. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 15: 67-120.
- VALENZUELA, R. y S. CHACÓN-JIMÉNEZ. 1991. Los poliporáceos de México III. Algunas especies de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas. *Revista Mexicana de Micología* 7: 39-70.
- WRIGHT, J.E. 1987. *The Genus Tulostoma (Gasteromycetes) A World Monograph*. Cramer, Berlín, Stuttgart.
- WRIGHT, J.E., T. HERRERA y G. GUZMÁN. 1972. Estudios sobre el género *Tulostoma* en México. *Ciencia* 7: 109-122.
- Zeller, S.M. 1948. Notes on Certain Gasteromycetes, Including Two New Orders. *Mycologia* 40: 639-668.