

# Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica



investigación  
y desarrollo  
en un entorno  
multicultural



José E. Sánchez V.  
Gerardo Mata  
EDITORES

Los textos que conforman este libro fueron sometidos a dictamen anónimo. Se omiten los nombres de los dictaminadores por consideraciones de ética profesional y de procedimientos de arbitraje.

Primera edición. 2012

D.R. © El Colegio de la Frontera Sur  
Carretera Antigua Aeropuerto S/N  
C.P. 30700  
Tapachula, Chiapas  
[www.ecosur.mx](http://www.ecosur.mx)

ISBN 978-607-7637-73-8  
Impreso y hecho en México  
Printed and made in Mexico

Publicación arbitrada por el Comité Editorial de El Colegio de la Frontera Sur.  
Publicación arbitrada por el Comité Editorial de El Instituto de Ecología .

Impreso en México/Printed in Mexico

## 2.2 CEPARIOS DE HONGOS EN MÉXICO

Dulce Salmones y Gerardo Mata

Red de Manejo Biotecnológico de Recursos, Instituto de Ecología, A.C., Carretera antigua a Coatepec No. 351, El Haya, CP 91070, Xalapa, Veracruz, México

### RESUMEN

Se presenta una revisión sobre el estado actual de los ceparios de hongos comestibles en México, basándose en los datos proporcionados por los encargados de las principales colecciones. Con el desarrollo del cultivo de hongos comestibles en México, surgió la necesidad de almacenar las cepas utilizadas en los cultivos, por lo que la conformación de las primeras colecciones cuenta con cerca de 30 años de antigüedad. De acuerdo a la información recopilada, en nuestro país existen alrededor de 10 ceparios especializados en la conservación de especies comestibles, en las que se preservan 1639 cepas de especies comestibles y/o de interés para el cultivo comercial, aunque 4 de ellos (COLPOS, ECOSUR, INECOL, UNAM) resguardan más de 86% de las muestras. Los sistemas de conservación son variados, predominando las resiembras continuas en medios de cultivo. México es líder latinoamericano en producción de hongos comestibles y sin embargo, pocas investigaciones se han enfocado a recuperar y preservar germoplasma silvestre de las especies de interés industrial. Dentro de los géneros de hongos mejor representados en las colecciones destaca *Pleurotus*, como consecuencia de las numerosas investigaciones realizadas a nivel nacional sobre el mismo.

*Palabras clave:* colecciones de cultivos, cepas, hongos comestibles, germoplasma silvestre, preservación.

### INTRODUCCIÓN

Hawksworth (2001), estimó que existen alrededor de 1.5 millones de especies de hongos, lo que ubica a este reino como el segundo grupo de organismos más grande en el planeta, sólo después de los insectos. Sin embargo, el número de especies de hongos descritas mundialmente no sobrepasan los 100,000 y de éstos, sólo 10% se resguarda en cultivos (Ryan y Smith 2004). Tan sólo en México se estima que podrían existir más de 200,000 especies (Guzmán 1998). Este elevado número de hongos que se infiere crecen en México, representan un potencial biotecnológico, económicamente factible de aprovechar y de gran importancia para el desarrollo nacional. Sin embargo, la pérdida de hábitats naturales ha repercutido desfavorablemente en las poblaciones silvestres, por lo que las colecciones de cultivos fúngicos adquieren cada vez mayor importancia en la conservación *ex situ* de la biodiversidad y representan un importante componente en el desarrollo de investigaciones científicas y tecnológicas.

A pesar del conocimiento ancestral que los pobladores de algunas culturas mesoamericanas alcanzaron, el cultivo de especies comestibles es una actividad reciente en el país (Mata *et al.* 2007). Esta actividad involucra el uso de cultivos vivos, lo que ha favorecido la creación de bancos de germoplasma con la finalidad de mantener las cepas con las características morfológicas, fisiológicas y genéticas adecuadas para su cultivo comercial. La importancia del aprovechamiento de especies comestibles como un recurso genético se ha hecho más evidente en tiempos recientes, debido a que la población humana requiere resolver problemas de abasto de alimentos, deterioro ambiental, salud, demanda de productos de alto valor agregado, entre otros.

En este trabajo se presentan los resultados de una encuesta realizada a encargados de los ceparios de instituciones nacionales que desarrollan estudios sobre el cultivo de hongos comestibles. Se realizaron 14 encuestas, pero sólo se obtuvo información de 12, de los cuáles 2 citan que el número de cepas que preservan es bajo

(menor a 10 especímenes), por lo que no se considera un cepario y dos instituciones no tienen su información actualizada sobre la viabilidad de germoplasma depositado, debido a que sus colecciones no reciben mantenimiento en la actualidad. Por lo tanto, los datos abajo descritos se basan en la información proporcionada por 8 ceparios (Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación geográfica y número de cepas preservadas en los ceparios encuestados

Institución	Entidad	No. De cepas
Colegio de Posgraduados. COLPOS	Puebla	400
El Colegio de la Frontera Sur	Chiapas	456
Instituto de Ecología, A.C.	Veracruz	356
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca	Oaxaca	24
Universidad Autónoma de Yucatán	Yucatán	21
Universidad Autónoma del Edo. de Morelos	Morelos	87
Universidad de Guadalajara	Jalisco	95
Universidad Nacional Autónoma de México	D.F.	200

## RESULTADOS

### Fundación de los ceparios

El inicio de las colecciones de cultivos de hongos comestibles en México está vinculado con el surgimiento de esta actividad en el siglo pasado, específicamente durante la década de los 80's y principios de los 90's. Así, en 1982, el Dr. Hermilo Leal Lara funda el Cepario de Hongos Comestibles de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y al siguiente año, el Dr. Daniel Martínez-Carrera inicia el cepario del extinto Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), este centro de investigaciones concluye sus actividades en 1988 y a partir de este año el resguardo de dicha colección es cedido al Instituto de Ecología, A.C. Entre los años de 1986 a 1990 surgen los ceparios de las siguientes instituciones: Laboratorio de Micología de la Universidad Autónoma de Morelos, la Universidad de Guadalajara, el Colegio de Postgraduados, COLPOS (campus Puebla) y el de la Facultad de Biología, Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán. Posteriormente, en 1993, el Dr. José E. Sánchez inicia la colección de cepas de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). El resto de las colecciones encuestadas inician sus actividades en los años subsecuentes.

### Sistemas de conservación

Independientemente de su perfil de investigación, los laboratorios responsables de los ceparios de hongos comestibles nacionales tienen una tarea común, la conservación adecuada de los cultivos de hongos *ex situ*. Esta

tarea no sólo implica el resguardo del organismo vivo, sino además, mantener su pureza, viabilidad, capacidad de esporulación y fructificación, evitando cambios genómicos no deseables (Guzmán *et al.* 1993, Ryan y Smith 2004). Es por ello que el uso de sistemas eficientes y seguros de conservación de los micelios es una de las prioridades de las colecciones y la elección de él o los sistemas estará sujeto a los recursos técnicos y financieros disponibles en la institución responsable.

De acuerdo a los resultados de la encuesta, la mayoría de los ceparios mexicanos emplean el método tradicional de resiembras continuas en medios de cultivo comerciales, descrito por Smith y Onions (1994). Los medios de cultivo más utilizados para el crecimiento de estas especies son: agar con papa y dextrosa, agar con extracto de malta y agar Saboraud. Las muestras se almacenan preferentemente en refrigeración (2-5°C). Otros laboratorios utilizan al menos dos métodos de conservación (generalmente uno de ellos es la resiembra continúa) y el otro es el almacenamiento de los cultivos con aceite mineral o en agua destilada estéril propuesto por Burdsall y Dorworth (1994). En México solamente el cepario del Instituto de Ecología utiliza métodos de conservación llamados de “largo plazo”, como es la criogenización. Cabe citar que este último proceso, aunque requiere de personal altamente capacitado en el manejo del cepario así como una mayor disponibilidad financiera para la adquisición del equipo especializado y la recarga constante del nitrógeno líquido, es altamente eficiente para preservar la viabilidad de las cepas por largos períodos de tiempo (Mata y Pérez-Merlo 2003, Mata *et al.* 2004).

### Composición de los ceparios

#### *Pleurotus*

*Pleurotus* es el género de hongos comestibles mayoritariamente resguardado en los ceparios encuestados, con un total de 917 cepas preservadas (Figura 1). Cabe destacar la colección de ECOSUR que mantiene 364 cepas de *Pleurotus*, seguida de los ceparios del INECOL y de COLPOS, con 174 y 168 cepas, respectivamente. Las especies de *Pleurotus* en resguardo corresponden mayoritariamente a las especies comerciales *P. ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. y *P. pulmonarius* (Fr.) Quél., aunque también se preservan cepas de *P. djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn, *P. dryinus* (Pers.) P. Kumm., *P. levis* (Berk. & M.A. Curtis) Singer, *P. opuntiae* (Durieu & Lév.) Sacc., y *P. smithii* Guzmán.

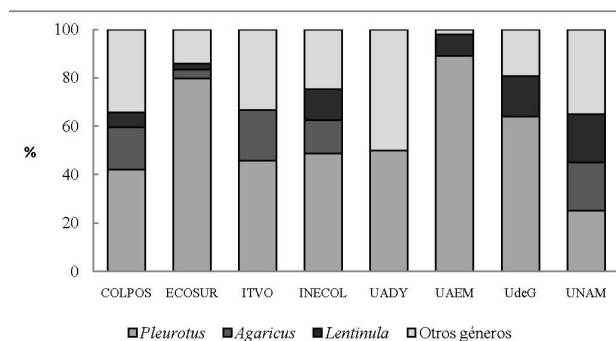


Figura 1. Porcentaje de cepas por género en los ceparios de hongos comestibles en México.

En México se cultivan principalmente *P. pulmonarius* y *P. ostreatus*, a partir de cepas comerciales introducidas al país, ya que inicialmente no se habían encontrado creciendo de manera silvestre (Guzmán 2000), sin embargo, estudios recientes ponen en duda esta aseveración (Camacho Sánchez 2010, Huerta *et al.* 2010). Por otra parte se tiene interés en introducir comercialmente a *P. djamor*; una especie nativa de amplia distribución que crece de manera natural en las regiones tropicales y subtropicales (Figura 2). *P. djamor* presenta dos variedades ecológicas: blanca y rosa y sus ciclos de cultivo son más cortos que los de las especies de clima templado.



Figura 2. Ejemplares cultivados de *Pleurotus djamor*, variedades blanca y rosa.

### *Agaricus*

*Agaricus* es el segundo género mejor representado en las colecciones nacionales, con 180 cepas almacenadas. Los ceparios de COLPOS, INECOL y la UNAM, tienen más de 80% de las cepas de champiñón bajo resguardo, con 70, 49 y 40 cultivos conservados. La mayoría de las cepas de *Agaricus* corresponden a cultivos comerciales de la especie *A. bisporus* (J.E. Lange) Imbach, conocido popularmente como champiñón, aunque recientemente se han incorporado cepas silvestres colectadas en diferentes entidades del país (Figura 3). Hasta hace relativamente poco tiempo se pensaba que el champiñón no existía en estado silvestre en México pero en investigaciones recientes se ha comprobado lo contrario (Mata *et al.* 2002, 2010, Morales *et al.* 2010). El género *Agaricus* en México ha sido muy poco estudiado, por lo que la bibliografía disponible sobre la sistemática y cultivo de especies silvestres es muy escasa (Gutiérrez Ruiz y Cifuentes 1990, Martínez-Carrera *et al.* 2001, Mata y Rodríguez Estrada 2005). El número de especies de *Agaricus* descritas en Europa es mayor de 130 (Daniel-Arranz 2000); sin embargo, el número total de especies conocidas a la fecha es difícil de estimar (Callac 2007). En virtud de que la diversidad biológica es alta en las zonas tropicales y subtropicales se puede pronosticar que el número de especies de *Agaricus* en estas regiones debe ser elevado. Recientemente se han descrito dos nuevas especies mexicanas, una perteneciente a la sección Xanthodermatei, *Agaricus tollocanensis* Callac & G. Mata (Callac y Mata 2004) y otra a la sección Duploannulati, *A. tlaxcalensis* Callac & G. Mata (Kerrigan *et al.* 2008). Otra importante especie del género es *A. subrufescens* Peck, un hongo comestible con propiedades medicinales y que probablemente se encuentre creciendo en zonas tropicales y subtropicales de México. Los ceparios nacionales deberán hacer un esfuerzo para resguardar el mayor número posible de especies de este importante género.



Figura 3. Cepa silvestre mexicana de *Agaricus bisporus* en cultivo experimental sobre compost.

### *Lentinula*

De acuerdo a los resultados de la encuesta, sólo 6 ceparios mantienen cultivos de este género. En total se preservan 147 cepas, siendo las colecciones de INECOL, UNAM y COLPOS quienes resguardan la mayoría de las cultivos, con 46, 40 y 25, respectivamente. Las cepas corresponden principalmente a cultivos comerciales de la especie *L. edodes* (Berk.) Pegler (shiitake), aunque también se tienen algunos ejemplares de *L. boryana* (Berk. & Mont.) Pegler. Las cepas de shiitake representan un germoplasma muy valioso para la naciente industria que pretende cultivar esta importante especie en México, ya que algunas de ellas han mostrado características

adecuadas y buena adaptación a los sustratos disponibles en el país (Mata *et al.* 2012). Por otra parte, aunque menos numerosas, las cepas de *L. boryana*, especie conocida en México con los nombres populares de “hongo de encino”, “cuerudo” y “hongo de palo” (Mata y Guzmán 1989) son un recurso genético de gran valor dada su similitud morfológica con el shiitake (Figura 4), sin embargo. *L. boryana* se ha cultivado únicamente de manera experimental (Salmones y Gutiérrez Lecuona 2008). En las regiones subtropicales y tropicales de América se han registrado tres especies del género *Lentinula*: *L. boryana*, *L. guarapiensis* (Speg.) Pegler y *L. aciculospora* J.L. Mata & R.H. Petersen (Guzmán *et al.* 1997, Mata y Petersen 2000), pero desafortunadamente las dos últimas especies no se han registrado en México y aparentemente ningún cepario nacional resguarda cepas de las mismas.



Figura 4. Cepa silvestre mexicana de *Lentinula boryana* cultivada en paja de trigo.

#### *Ganoderma*

Las especies del género *Ganoderma*, en especial *G. lucidum* (Curtis) P. Karst. , son una importante fuente de materia prima para la elaboración de complementos alimenticios y bebidas funcionales, ya que sus propiedades terapéuticas están bien demostradas. Esta especie se cultiva de forma masiva en Asia, principalmente en China en donde se le conoce como Ling Zhi y en Japón en donde se le denomina Reishi (Chen 2004). Aunque varios ceparios en México han registrado cepas nacionales de *G. lucidum*, Torres Torres (2007) considera que dicha especie no crece silvestre en nuestro país. Sin embargo, varias especies filogenéticamente cercanas a *G. lucidum*, crecen de manera silvestre en México y sería interesante evaluar sus propiedades terapéuticas. En los ceparios nacionales se resguardan 95 cepas de *Ganoderma*, 71 de las cuáles se conservan en la colección de COLPOS, mientras que la colección de la UNAM mantiene 10 cepas. En este grupo es necesario realizar estudios taxonómicos básicos para determinar con precisión las especies a las que pertenecen dichas cepas (Figura 5).



Figura 5. Cepa comercial de *Ganoderma lucidum* cultivada en sustrato estéril a base de desechos de madera.

#### Otros géneros en resguardo y potencialmente cultivables

Además de los géneros de hongos anteriormente citados, las diversas colecciones encuestadas resguardan cepas de especies de hongos de interés particular para sus investigaciones. Las colecciones de COLPOS y la

UNAM preservan cultivos de *Ustilago maydis* (DC.) Corda (huitlacoche o cuitlacoche), hongo patógeno del maíz, pero que en nuestro país es un alimento muy apreciado y consumido desde los tiempos prehispánicos y cuyo cultivo comercial ha despertado gran interés en los últimos años (Castañeda de León *et al.* 2008). Las colecciones del INECOL y la UADY conservan cepas del género *Volvariella*, hongos comestibles tropicales que representan una potencial alternativa productiva para las regiones cálidas del país, especialmente para las zonas rurales, ya que la obtención de las fructificaciones requiere una baja inversión (Julián-Carlos y Salmones 2006). Complementan las colecciones algunas cepas de *Agrocybe aegerita* (V. Brig.) Singer, *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer, *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray, *Hypsizygus marmoreus* (Peck) H.E. Bigelow, *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill, *Lepista nuda* (Bull.) Cooke, *Morchella* spp., *Neolentinus suffrutescens* (Brot.) T.W. May & A.E. Wood, así como representantes de hongos micorrícicos adscritos a los géneros *Amanita*, *Boletus*, *Lactarius* y *Suillus*, entre otros. Además de las especies comestibles anteriormente citadas, tres ceparios citan el resguardo de material genético de *Trichoderma* spp., moho antagonista frecuentemente encontrado en los cultivos comerciales y principal causante de grandes pérdidas económicas en esta industria.

### **Germoplasma silvestre**

Es indudable que las poblaciones silvestres de hongos representan el recurso biológico y genético más importante para el sector productivo de los hongos cultivados, ya que los individuos fisiológicamente adaptados a determinados sustratos y condiciones ambientales, proporcionan la variación genética necesaria para potencializar las características deseables para el sector comercial. De acuerdo a los datos obtenidos, existen 663 cepas silvestres de hongos silvestres en resguardo, tan sólo el cepario de COLPOS mantiene 280 cepas silvestres, lo que constituye 70% del total de su colección. Otros ceparios que tienen un número considerable de especímenes silvestres son: INECOL, con 143 cepas que representan 49% de la colección y ECOSUR con 91 (equivalente 20% del total de sus cultivos). Cabe destacar que los ceparios de las Universidades de Yucatán y el Estado de Morelos están constituidos principalmente por germoplasma silvestre, conservando 20 y 65 cepas silvestres, lo que representa 99 y 75% del total de sus colecciones. Otra característica importante de dichos ceparios es que sus colecciones son básicamente locales, por lo que el material resguardado adquiere enorme valor ecológico para la zona.

### **Vinculación con la industria**

La encuesta mostró una limitada interacción entre los grupos académicos y el sector productivo mexicano. Si bien es cierto que los grupos académicos asociados a los bancos de germoplasma de hongos comestibles han impulsado distintas áreas de esta industria, los avances hasta ahora logrados distan mucho de ser los más deseables. Es necesario que dichos grupos académicos investiguen y ofrezcan soluciones a los problemas cotidianos de los productores y que éstos a su vez, se comprometan a apoyar y financiar parte de la investigación.

Con toda certeza este importante sector de la economía mexicana seguirá creciendo, ya que el mercado no está saturado en ninguna de las especies comestibles. Por el contrario existen especies con una amplia demanda para el consumo nacional e inclusive para la exportación a Estados Unidos, Europa y América Central, principalmente. Por otra parte, México debe seguir promoviendo el cultivo de hongos a pequeña escala con el objetivo de atender mercados locales y de autoconsumo. El apoyo que brinden los ceparios nacionales, será fundamental para continuar con el desarrollo de este sector.

### **Consideraciones finales**

Los ceparios son herramientas fundamentales para el desarrollo de las investigaciones que actualmente se realizan en el área de cultivo de hongos comestibles en nuestro país. Las colecciones existentes están dedicadas



al mantenimiento de los micelios y al resguardo de la información relacionada con estudios de caracterización de las cepas; sin embargo, no proporcionan servicios de depósito, identificación o autenticidad de las cepas. Algunos ceparios cuentan con mayor infraestructura y han logrado apoyos económicos que les permiten continuidad a mediano plazo, sin embargo la mayoría no tienen estas características, por lo que su permanencia es incierta. El sistema de conservación es muy variable, desde sistema a corto plazo, como la resiembra en medios de cultivo y/o agua, hasta métodos de largo plazo, como la criogenización. Por otra parte, muchas colecciones no cuentan con personal técnico especializado permanentemente adscrito a la colección.

Desde su fundación, la mayoría de los ceparios nacionales han pretendido impulsar la industria del cultivo de hongos comestibles en México, a través del aislamiento y selección de material genético con características deseables para su cultivo comercial, sin que hasta la fecha se haya podido satisfacer completamente esta inquietud del sector productivo.

Según los reportes disponibles a la fecha, alrededor de 233 cepas de *Pleurotus* han sido evaluadas en el país (Sánchez-Vázquez *et al.* 2007). Si se considera que el número de cepas almacenadas en los ocho ceparios encuestados superan las 900 cepas, y que además es factible que debido a las políticas internas una cepa puede tener más de una clave de identificación, por lo que varias evaluaciones realizadas de manera independiente podrían corresponder a la misma cepa, entonces los estudios de caracterización no superarían 20% del total almacenado, lo que indica que la diversificación de cepas en uso está muy limitada. Por lo anterior, es importante que los diferentes centros de investigación nacionales dedicados al cultivo de hongos comestibles continúen sus esfuerzos en esta temática, pero también es importante que el sector productivo se interese y aproveche este importante recurso genético con que cuenta el país.

Por otra parte, el origen de las cepas utilizadas para la producción de semilla es poco conocido. Considerando que la productividad del cultivador depende en gran parte de la disponibilidad de semilla de calidad, sería deseable que las empresas/instituciones responsables de la producción del inóculo tuvieran disponible información muy precisa sobre la identificación taxonómica y origen geográfico del germoplasma en propagación. En este sentido el resguardo de los ejemplares de los que se aíslan las cepas en herbarios acreditados y especializados, es fundamental, desafortunadamente no todas las cepas cuentan con dicho respaldo.

Es indudable que las poblaciones silvestres de hongos representan el recurso biológico y genético más importante para el sector productivo de los hongos cultivados, ya que los individuos fisiológicamente adaptados a determinados sustratos y condiciones ambientales, proporcionan la variación genética necesaria para potencializar las características deseables para el sector comercial. Sin embargo, pocas instancias gubernamentales han mostrado interés en apoyar de manera regular y organizada la investigación en el conocimiento, conservación, manejo y aplicación de los hongos como un recurso genético. Sería adecuado evitar el estudio del germoplasma silvestre de una forma aislada y desintegrada, y en cambio, favorecer labores de recopilación, revisión, análisis e integración de los diferentes aspectos que se trabajan en relación a los hongos comestibles en México, que permitan establecer un panorama real y objetivo sobre las fortalezas, problemática, necesidades y prioridades actuales y sobretodo revalorar este importante recurso genético por parte de la comunidad científica, así como por las dependencias gubernamentales responsables de asignar los recursos económicos.

En consecuencia, si se considera el papel fundamental que los hongos desempeñan en los ecosistemas y el potencial económico que representan, entonces la búsqueda de estrategias de manejo sustentable de este recurso natural adquiere gran relevancia y se convierte en una urgencia la necesidad de conservar adecuadamente el germoplasma silvestre. Esta tarea sólo podrá alcanzarse a través de un esfuerzo interdisciplinario e interinstitucional, ya que debido a los altos costos de mantenimiento, requerimientos de equipo y recursos humanos especializados, el resguardo de la enorme riqueza fúngica del país representa un enorme reto.

## REFERENCIAS

- Burdsall HH, Dorworth EB (1994) Preserving cultures of wood decaying Basidiomycotina using sterile distilled water in cryovial. *Mycologia* 86: 275-280.
- Callac P (2007) El género *Agaricus*. En: Sánchez JE, Royse DJ, Leal Lara H (eds.) *Cultivo, Mercadotecnia e inocuidad alimenticia de Agaricus bisporus*. ECOSUR, Tapachula, p. 19-36.
- Callac P, Mata G (2004) *Agaricus tollocanensis*, une nouvelle espèce de la section *Xanthodermatei* trouvée au Mexique. *Documents Mycologiques* 132: 31-35.
- Camacho Sánchez M (2010) Estudio taxonómico del complejo de *Pleurotus*, *Lentinus* y *Panus* en México. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, AC, Xalapa,
- Castañeda de León VT, Pataky JK, Leal-Lara H (2008) Susceptibility to infection of different varieties of corn hybrids with *Ustilago maydis* under conditions of commercial production of “cuitlacoche” for food purposes in México. 4th International *Ustilago* Conference, august 20-24 Rauischholzhausen.
- Chen AW (2004) Growing *Ganoderma* mushrooms. En: *Oyster mushroom cultivation*. Mushroom growers' handbook 1. MushWorld, Seoul, p. 236-247.
- Daniel-Arranz J (2000) Setas de Madrid y alrededores 3. *Agaricus* L.: Fr. Sociedad Micológica de Madrid, Madrid, 156 p.
- Gutiérrez-Ruiz J, Cifuentes J (1990) Contribución al conocimiento del género *Agaricus* en México. *Rev. Mex. Mic.* 6: 155-177.
- Guzmán G (1998) Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México. En: Halffter G (comp.) *La diversidad biológica de Iberoamérica, II*. Instituto de Ecología, Xalapa, p. 111-175.
- Guzmán G (2000) Genus *Pleurotus*. Diversity, taxonomic problems, and cultural and traditional medicinal uses. *Int. J. Med. Mush.* 2: 95-123.
- Guzmán G, Mata G, Salmenes D, Soto-Velazco C, Guzman-Dávalos L (1993) *El cultivo de los hongos comestibles. Con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales*. Instituto Politécnico Nacional, Mexico, D.F. 245 p.
- Guzmán G, Salmenes D, Tapia F (1997) *Lentinula boryana*: morphological variations, taxonomic position, distribution and relationships with *Lentinula edodes* and related species. *Rept. Tottori Mycol. Inst.* 35: 1-28.
- Julián Carlos A, Salmenes D (2006) Cultivo de *Volvariella volvacea* en residuos de la cosecha de plátano y paja de cebada. *Rev. Mex. Mic.* 23: 87-92.
- Hawksworth DL (2001) The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycol. Res.* 105: 1422-1432.
- Huerta G, Martínez-Carrera D, Sánchez JE, Leal-Lara, Vilgalys R (2010) Genetic relationships between mexican species of *Pleurotus* analyzing the its-region from rDNA. *Micol. Apl. Int.* 22(1): 15-25.
- Kerrigan RW, Callac P, Parra LA (2008) New and rare taxa in *Agaricus* section Bivelares (Duploannulati). *Mycologia* 100: 876-892.
- Martínez-Carrera D, Bonilla M, Martínez W, Sobal M, Aguilar A, Pellicer-González E (2001) Characterisation and cultivation of wild *Agaricus* species from Mexico. *Micol. Apl. Int.* 13: 9-24.
- Mata G, Guzmán G (1989) Hibridación entre una cepa mexicana de *Lentinus boryanus* y una asiática de *Lentinus edodes*. *Rev. Mex. Mic.* 5: 77-80.
- Mata G, Pérez-Merlo R (2003) Spawn viability in edible mushrooms after freezing in liquid nitrogen without a cryoprotectant. *Criobiology* 47: 14-20.
- Mata G, Rodríguez Estrada AE (2005) Viability in spawn stocks of the white button mushroom, *Agaricus bisporus*, after freezing in liquid nitrogen with a cryoprotectant. *J. Agric. Tech.* 1: 153-162.
- Mata G, Rodríguez A, Callac P (2002) Aislamiento, cultivo y evaluación de una cepa mexicana silvestre de champiñón *Agaricus bisporus*, y su comparación con cepas comerciales. En: Guzmán G, Mata G (eds.) *Nanacatepec, Estudios sobre los hongos Latinoamericanos*. Universidad Veracruzana, Xalapa, p. 500.
- Mata G, Salmenes D, Gaitán-Hernández R (2004) Spawn viability and mushroom production in *Pleurotus* strains frozen for eight years in liquid nitrogen. *Mush. Sci.* 16: 185-191.
- Mata G, Gaitán Hernández R, Salmenes D (2007) Hongos comestibles en México, una industria en crecimiento. En: Zulueta R, Trejo Aguilar D, Trigos Landa A (eds.). *El Maravilloso Mundo de los hongos*. Universidad Veracruzana, Xalapa, p. 39-48.
- Mata G, Salmenes D, Gaitán Hernández R (2010) Basic and applied research on mushroom cultivation at the Institute of Ecology, Xalapa, Mexico. En: Martínez-Carrera D, Curvetto N, Sobal M, Morales P, Mora, VM (eds) *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Lati-*

- noamérica: *Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNS-CONACYT-UAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla, p. 31-44.
- Mata G, Gaitán Hernández R, Salmenes D (2012) El cultivo de hongos en México: una industria con posibilidades de diversificación. En: Sánchez, JE, Mata G (eds.) *El cultivo de hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural*. ECOSUR-INECOL, Tapachula. 281-294.
- Mata JL, Petersen RH (2000) A new species of *Lentinula* (Agaricales) of Central America. *Mycoscience* 41: 351-355.
- Morales P, Sobal M, Bonilla Martínez W, Ramírez-Carrasco P, Tello I, Spezzia T, Lira N, De Lima R, Villa S, Montiel E, Martínez-Carrera D (2010) Los hongos comestibles y medicinales en México: recursos genéticos, biotecnología, y desarrollo del sistema de producción consumo. En: Martínez-Carrera D, Curvetto N, Sobal M, Morales P, Mora, VM (eds) *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNS-CONACYT-UAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla, p. 91-108.
- Ryan MJ, Smith D (2004) Fungal genetic resource centres and the genomic challenge. *Mycol. Res.* 108(12): 1351-1362.
- Salmenes D, Gutiérrez Lecuona MT (2008) Cultivation of Mexican *Lentinus boryanus* (Berk. et Mont.) Sing. (Agaricomycetidae) strains on alternative substrates *Intern. J. Med. Mush.* 10 (1): 73-78.
- Sánchez Vázquez JE, Martínez Carrera D, Mata G, Leal Lara H, eds. (2007) *El cultivo de setas Pleurotus spp. en México*. El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, p. 227.
- Smith D, Onions AHS (1994) *The preservation and maintenance of living fungi*, 2nd. Edition. CAB International, Wallingford, 132 p.
- Torres Torres MG (2007) Sistemática de *Ganoderma* (Fungi, Basidiomycota, Ganodermatales): aspectos morfológicos, moleculares y químicos. Tesis de Doctorado. Universidad de Guadalajara, 205 p