



*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search  
<http://ageconsearch.umn.edu>  
[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from AgEcon Search may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*



Figura 11. La actividad ganadera de cría de ovinos y producción de forrajes como uno de los ejes aglutinantes de mayor importancia en la región Fuerte-Mayo, Sonora en tierras comunales.



Figura 12. Recursos en peligro por su extracción desmedida, por sus usos como fuentes de alimentación, forraje y construcción.



Figura 13. Recursos pesqueros y ecológicos con 20,000 hectáreas de bahía entre las comunidades Zapata-Agiabampo, del Fuerte Mayo, Sonora

## CONCLUSIONES

Dentro de los aspectos temáticos de las iniciativas identificadas se pueden incluir el enfoque de generar una agricultura innovadora de especialidad y de proximidad para el desarrollo potencial de diversificación productiva, considerando la educación como actor relevante para el desarrollo socioeconómico y cultural de la comunidad. Iniciar una silvicultura polivalente del bosque, desarrollo de su potencial y, en particular, productos forestales no maderables, conservación de la cultura y patrimonio como núcleo de desarrollo rural, valorizando las características culturales, patrimoniales e históricas de los medios como motor económico y social (Anónimo 2007). Incluir a los medios rurales de producción en el sector energético como espacio para desarrollar nuevas posibilidades de biomasa, biocarburantes, energía verde, etcétera; e innovar el desarrollo de los recursos locales mediante la apropiación y el enfoque integrado de valorización de éstos (bosque, paisajes, fauna, agua y patrimonio natural y antropogénico). Considerar a la familia como piedra base de la vida colectiva, como centro de la comunidad, de los jóvenes y de las personas mayores, de los vínculos intergeneracionales, los servicios, actividades e infraestructuras adaptadas a las necesidades de las familias, y la promoción de medios de vida que faciliten la vida familiar. Las economías locales mediante la aplicación de modelos de desarrollo basados en los vínculos de confianza, compra local y circuitos económicos cortos. Definir nuevas formas de servicios locales, como la exploración de enfoques para brindar servicios públicos y privados variados en comunidades con escasa población distribuida en un vasto territorio (ecoturismo). Reactivación y renovación de la economía rural, apostando a la asociación local, concertación, movilización, organización y conocimiento local de las poblaciones. Formación del empresariado colectivo frente a la ausencia de empresarios individuales. Lo

anterior puede favorecer la radicación de los jóvenes en sus localidades en el mediano plazo en función de la consolidación de los proyectos como nuevas empresas.

\*Agradecemos al Instituto Nacional para el Desarrollo de capacidades del sector rural A.C. (INCA-RURAL) por el financiamiento del presente trabajo durante el periodo enero-abril, 2009. ■

## BIBLIOGRAFÍA

- ANÓNIMO. 1991. DIARIO DE LOS DEBATES DE LA COMISIÓN PERMANENTE DEL CONGRESO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. AÑO III MÉXICO, D. F. 9 ENERO DE 1991 NO. 4
- ANÓNIMO. 2007. POLITIQUE NATIONALE DE LA RURALITÉ. MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES ET DES RÉGIONS GOUVERNEMENT DU QUÉBEC (ISBN 2-550-48729). [HTTP://WWW.MAMR.GOUV.QC.CA.84.P](http://WWW.MAMR.GOUV.QC.CA.84.P)
- CEDRSSA. 2007. INDICADORES ECONÓMICOS DE SEGURIDAD Y SOBERANÍA ALIMENTARIA, ACTIVIDAD PRODUCTIVA Y PARIDAD URBANA-RURAL. COLECCIÓN ESTUDIOS E INVESTIGACIONES. LX LEGISLATURA. MÉXICO, D.F. 602 P.
- CEPAL. 2006. PANORAMA SOCIAL DE AMÉRICA LATINA. DIVISIÓN DE DESARROLLO SOCIAL Y LA DIVISIÓN DE ESTADÍSTICA Y PROYECCIONES ECONÓMICAS DE LA CEPAL. NACIONES UNIDAS. ISSN IMPRESO: 1020-5152/ ISSN ELECTRÓNICO SANTIAGO DE CHILE. 430 P.
- COMMISSION OF THE EU. (1990). THE COMMUNITY INITIATIVE FOR RURAL DEVELOPMENT: LEADER. BRUSSELS: COMMISSION OF THE EU. INFORMATION MEMO.
- CONAPO. SITUACIÓN DEMOGRÁFICA DE MÉXICO. 2008 [HTTP://WWW.CONAPO.GOB.MX](http://WWW.CONAPO.GOB.MX).
- DEL REY-POVEDA LA. 2002. EL NUEVO MARCO DE RELACIONES INTERGENERACIONALES EN LAS FAMILIAS EJIDALES: MIGRACIÓN Y HERENCIA EN EL SUR DE VERACRUZ. PROCURADURÍA AGRARIA. ESTUDIOS AGRARIOS, 151-193
- DURSTON J. 1998. JUVENTUD Y DESARROLLO RURAL, MARCO CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL. NACIONES UNIDAS: COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. SÉRIE POLÍTICAS SOCIALES, (28) 1-41
- DURSTON J., ESPÍNDOLA D. 2010. TIERRAS PARA LA JUVENTUD RURAL, LECCIONES DE CUATRO EXPERIENCIAS EN AMÉRICA LATINA. LECCIONES APRENDIDAS Y RECOMENDACIONES. FIDAMÉRICA FASE IV 29 P. [HTTP://WWW.FIDAMERICA.ORG](http://WWW.FIDAMERICA.ORG)
- INEGI, 2007. CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA, MÉXICO. AGUASCALIENTES, MÉXICO. [WWW.INEGI.GOB.MX](http://WWW.INEGI.GOB.MX)
- MARTÍNEZ-BECERRA A, CADENA-ÍÑIGUEZ J, FIGUEROA-SANDOVAL B, DE LOS RÍOS-CARMENADO I. 2010. SOCIAL INTERVENTION MODEL (SIM) FOR THE IMPLEMENTATION OF RURAL DEVELOPMENT PROJECTS: ITS APPLICATION IN FARMERS' ORGANIZATIONS IN CUNDUACÁN, TABASCO, MEXICO. INTERNATIONAL PROJECT MANAGEMENT ASSOCIATION. EN PRENSA 19 P
- UNDAF. 2007. MARCO DE COOPERACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO 2008-2012.



## IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE *hongos* COMESTIBLES, FUNCIONALES Y MEDICINALES EN LA ALIMENTACIÓN Y EL DESARROLLO NACIONAL

- D. Martínez Carrera**, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), Campus Puebla, Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales, Apartado Postal 701, Puebla 72001, Puebla, México. Correo electrónico: [dcarrera@colpos.mx](mailto:dcarrera@colpos.mx)
- M. Sobaí**, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), Campus Puebla, Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales, Apartado Postal 701, Puebla 72001, Puebla, México. Correo electrónico: [dcarrera@colpos.mx](mailto:dcarrera@colpos.mx)
- P. Morales**, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), Campus Puebla, Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales, Apartado Postal 701, Puebla 72001, Puebla, México. Correo electrónico: [dcarrera@colpos.mx](mailto:dcarrera@colpos.mx)
- M. Bonilla**, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), Campus Puebla, Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales, Apartado Postal 701, Puebla 72001, Puebla, México. Correo electrónico: [dcarrera@colpos.mx](mailto:dcarrera@colpos.mx)
- B. Pérez Armendáriz**, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), Campus Puebla, Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales, Apartado Postal 701, Puebla 72001, Puebla, México. Correo electrónico: [dcarrera@colpos.mx](mailto:dcarrera@colpos.mx)
- Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), Programa de Postgrado en Dirección de Organizaciones y Agronegocios, 21 Sur 1103, Colonia Santiago, Puebla 72130, Puebla, México. Posición postdoctoral financiada por el CONACYT (71445), y supervisada por D. Martínez Carrera. Actualmente, en programa de retención CONACYT UPAEP.
- Y. Mayett**, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), Programa de Postgrado en Dirección de Organizaciones y Agronegocios, 21 Sur 1103, Colonia Santiago, Puebla 72130, Puebla, México.
- W. Martínez**, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), Campus Puebla, Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales, Apartado Postal 701, Puebla 72001, Puebla, México. Correo electrónico: [dcarrera@colpos.mx](mailto:dcarrera@colpos.mx)
- E. Montiel**, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Laboratorio de Micología, Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Apartado Postal 465, Cuernavaca 62001, Morelos, México.

\* Investigación financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a través del proyecto 76524.

## INTRODUCCIÓN

**A**nivel global, el sistema de producción-consumo de los hongos comestibles, funcionales y medicinales representa una actividad primaria de gran relevancia social, económica y ecológica (Chang & Miles, 2004). Ya se producen comercialmente más de 15 especies de hongos comestibles a través de procesos biotecnológicos altamente eficientes en la utilización del agua y su conversión a proteína (1 litro de agua por gramo de proteína) y compuestos bioactivos. Sin embargo, en México sólo se cultivan de manera consistente tres especies a pequeña y gran escala (Figura 1): los champiñones (*Agaricus bisporus*), las "setas" (*Pleurotus*), y el shiitake (*Lentinula*), aun cuando el país tiene un enorme potencial para la producción competitiva de otras especies en

función de su biodiversidad y su clima, así como por la abundancia de subproductos agrícolas y forestales que pueden utilizarse como substrato de cultivo, sus importantes ventajas comparativas, y las oportunidades que ofrece la economía globalizada (Martínez Carrera et al., 2010). Asimismo, en México actualmente existe fuerte demanda de hongos comestibles diferentes al champiñón, las “setas” y el shiitake. Esta demanda no está restringida únicamente al producto fresco, sino que los consumidores también demandan productos más elaborados, tales como platillos gourmet, platillos tradicionales cocinados, productos precocidos, suplementos, extractos y concentrados que contengan propiedades nutricionales y medicinales.

### CRECIMIENTO ACELERADO DEL SECTOR PRODUCTIVO A NIVEL NACIONAL

El análisis de la industria mexicana durante la apertura comercial del país y el inicio de la desaceleración económica global (1991-2009) indicó altos niveles de inversión privada (nacional, extranjera) y pública, estimada en más de USD 150 millones de dólares (Martínez Carrera et al., 2010). Esto generó una notable expansión de la producción rural e industrial de hongos comestibles en el país. De hecho, la producción nacional de hongos frescos se incrementó 414.9%, pasando de 9,036 ton en 1991 a 46,533 ton en 2009 (Tabla 1). Se estima que dicha tendencia se mantendrá en la próxima década por las ventajas comparativas que tiene el país con respecto a E.U.A., Canadá, Centroamérica y Sudamérica. En la actualidad, la producción comercial de hongos comestibles, funcionales y medicinales genera más de 25,000 empleos directos e indirectos anualmente, una actividad económica superior a los 121 millones de dólares, y el aprovechamiento como substrato de cultivo de más de 500,000 toneladas de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales. Los mayores volúmenes de producción corresponden a los champiñones blancos y cafés (*A. bisporus*: 93.69%),

seguidos por las “setas” (*Pleurotus* spp.: 6.28%), el shiitake (*L. edodes*: 0.039%) y las especies exóticas que se encuentran a nivel de pruebas comerciales (*Ganoderma lucidum*: reishi; *Grifola frondosa*: maitake).

### PROCESO BIOTECNOLÓGICO DE PRODUCCIÓN Y SU TRANSFERENCIA AL SECTOR PRODUCTIVO

El cultivo comercial de hongos comestibles, funcionales y medicinales constituye un procesobiotecnológico controlado, intensivo, y desarrollado a pequeña o gran escala (Martínez Carrera et al., 2010). Esta complejidad implica que el proceso debe ser establecido, adaptado y supervisado por personal plenamente capacitado y dedicado de tiempo completo a la actividad.

Desde 2003, el Colegio de Postgraduados (CP) Campus Puebla puso en marcha el Centro de Vinculación con el Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales (CEVNHCO), donde se forman recursos humanos especializados (cursos, diplomados) para apoyar el desarrollo del sector en México. Asimismo, se ofrecen diversos servicios adicionales (Figuras 2 y 3) para apoyar a productores rurales, campesinos e indígenas, así como al sector privado, a saber: 1) Suministro de “semilla” mejorada; 2) Suministro de unidades de producción inoculadas de hongos comestibles; 3) Productos funcionales a base de hongos comestibles; 4) “Centro de Salud de los Hongos” (prevención, manejo y control de plagas, enfermedades y competidores en las plantas productoras); 5) Transferencia de tecnologías con estándares internacionales (producción de “semilla”, sistemas de cultivo, procesamiento de hongos comestibles); 6) Diagnóstico socioeconómico, organizacional, y planeación estratégica para cultivar y procesar hongos comestibles; 7) Establecimiento de sistemas de control de calidad (Plan General de Higiene, Plan HACCP, Normas ISO, Sistemas de autocontrol); 8) Proyecciones financieras y de crecimiento; 9) Mantenimiento de la competitividad tecnológica; y 10) Establecimiento de estrategias de penetración y desarrollo de mercado.

Como parte de las actividades del CEVNHCO, en 2007 se promovió la conformación de la Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales ([www.hongoscomestibleslatinoamerica.com](http://www.hongoscomestibleslatinoamerica.com)), con la misión de apoyar el desarrollo endógeno de la producción y el consumo de los hongos comestibles, funcionales y medicinales en América Latina, aprovechando sus ventajas comparativas e integrando de una manera dinámica todos los sectores

sociales involucrados (instituciones, pequeños productores, empresas, consumidores).

Se trata de promover mayores beneficios sociales, económicos y ecológicos a través de los procesos biotecnológicos que permiten la producción a pequeña y gran escala de los hongos comestibles.

En general, el proceso biotecnológico de producción comercial de los hongos comestibles, funcionales y medicinales comienza con la adquisición y preparación de los sustratos de cultivo (Figura 4). Son fundamentalmente subproductos orgánicos de bajo costo procedentes de las actividades agrícolas, agroindustriales y forestales, tales como pajas, rastrojos, pulpas, aserrines, pollinazas y harinolinas. Los sustratos de cultivo se preparan con los materiales disponibles en cada región, de tal forma que se logren combinaciones óptimas específicas para obtener rendimientos competitivos de hongos. Las formulaciones así desarrolladas se homogenizan y llevan a un contenido de humedad de aproximadamente 70% para someterse a un tratamiento microbiológico (fermentación aerobia controlada) y/o físico (térmico), dependiendo de la especie a cultivar. A continuación, el sustrato preparado se inocula con la “semilla” previamente elaborada, bajo condiciones asépticas y controladas en el laboratorio. El substrato inoculado se coloca en bolsas de plástico o en camas de cultivo de diversos tamaños para incubarlo a 20-28°C, lo cual favorecerá el desarrollo del micelio del hongo (fase vegetativa) en el sustrato. Una vez que el micelio ha colonizado completamente el sustrato de cultivo, 25-60 días después de la inoculación dependiendo de la especie, se procede a incrementar la aeración y la humedad relativa de los locales de incubación para estimular la producción de cuerpos fructíferos (fase reproductora). Los hongos comestibles tardan generalmente 4-8 días en desarrollarse, dependiendo de la especie, hasta alcanzar la etapa madura en que pueden cosecharse. Los locales de cultivo pueden producir rentablemente 2-3 cosechas de hongos comestibles (Figura 5), para posteriormente proceder a su limpieza y fumigación con el objetivo de eliminar plagas y enfermedades y reiniciar así un nuevo ciclo comercial.

En las condiciones de México y considerando el proceso biotecnológico descrito, los factores relevantes que deben tomarse en cuenta para la producción comercial son: 1) Disponibilidad de cepas comerciales para el cultivo que garanticen el suministro de “semilla” en calidad y cantidad; 2) Disponibilidad de los sustratos de cultivo en calidad y cantidad, evaluando sus costos de transportación, almacenaje y manejo; 3) Capacitación especializada y supervisión técnica en todas las etapas del cultivo; y 4) Naturaleza multifactorial de los rendimientos de hongos comestibles, los cuales no sólo dependerán de la calidad y composición del substrato de cultivo, sino también de las cepas comerciales utilizadas y el control de las variables ambientales (temperatura, humedad relativa, concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) en los locales de producción.



### RELEVANCIA DE LOS RECURSOS GENÉTICOS NATIVOS

Por la notable biodiversidad que lo caracteriza, en el país existen especies novedosas de hongos comestibles que son consumidas o utilizadas tradicionalmente por las comunidades rurales de diversas regiones del país. Este es el caso, por ejemplo, de los “Hongos del Maguey” (*Pleurotus* sp.), el “Hongo de Encino” [*Lentinula boryana* (Berk. & Mont.) Pegler], y las “Repisas” (*Ganoderma* spp.), cuyo cultivo intensivo se ha logrado desarrollar sobre substratos estériles suplementados (Figura 6). Estos recursos genéticos nativos tienen gran potencial para incorporarse en el corto plazo al sistema de producción-consumo de los hongos comestibles, funcionales y medicinales en México, incluyendo su caracterización fisiológica, genética y bioquímica (Martínez Carrera et al., 2010). Asimismo, también es posible desarrollar nuevas aplicaciones biotecnológicas en los hongos comestibles con las tecnologías del ADN recombinante y la era genómica, abarcando campos emergentes hasta ahora inexplorados,





### LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y MEDICINALES DE LOS HONGOS COMESTIBLES

Los hongos comestibles son ampliamente consumidos en el mundo por su excelente sabor, aroma, y textura. Su consumo ha acompañado a la humanidad posiblemente desde su origen y las formas primitivas de cultivo de los hongos comestibles son relativamente recientes, remontándose a los siglos X-XIII. Sin embargo, es poco conocido su gran potencial como alimento con propiedades nutricionales, funcionales y medicinales que promueven la salud.

Estas propiedades son únicas y diferentes a las aportadas por otros alimentos ampliamente consumidos, ya que los hongos constituyen un reino de la naturaleza independiente de las plantas y los animales (Chang & Miles, 2004; Martínez-Carrera et al., 2010).

La confirmación científica de propiedades funcionales y medicinales en un gran número de hongos comestibles, tanto en la fase vegetativa (micelio) como reproductora (cuerpo fructífero), así como el reciente descubrimiento de sus mecanismos biológicos de acción en el organismo humano, están promoviendo un gran impulso al desarrollo de esta industria (producción y consumo) [Martínez-Carrera et al., 2010; Mayett et al., 2006]. El valor funcional y medicinal de los hongos comestibles incluye propiedades anticancerígenas, antibióticas (antimicrobianas: antivirales, antibacterianas, antiparasitarias), antioxidantes, reductoras del nivel de colesterol y la hipertensión, antitrombóticas y antidiabéticas (Chang & Miles, 2004). A partir de estas propiedades se estima que ya se generan operaciones comerciales de alto valor agregado, superiores a los 6 billones de dólares, en los mercados internacionales de la industria alimenticia y farmacéutica. Asimismo, se observa una creciente demanda de los productos

derivados de hongos comestibles con propósitos terapéuticos y de prevención de enfermedades en Europa, Norteamérica, el Sureste de Asia y Latinoamérica, a través de suplementos alimenticios, cápsulas, tabletas y bebidas tonificantes con compuestos bioactivos o extractos fúngicos purificados (Smith et al., 2002; Chang & Miles, 2004). Por ejemplo, en el Sureste de Asia, sobre todo en China y Japón, los hongos comestibles (e.g., *Lentinula*, *Ganoderma*, *Grifola*, *Pleurotus*) se utilizan para desarrollar alimentos funcionales diversos, tales como platillos, concentrados, extractos, licores, y aderezos (micelio o cuerpos fructíferos pulverizados). Datos epidemiológicos desarrollados en Japón indicaron que el consumo de hongos comestibles está asociado a tasas inferiores de muerte por cáncer al compararse con el valor promedio nacional de ese país (Mizuno, 1995; Mizuno et al., 1995).

Las propiedades funcionales de los hongos comestibles pueden concentrarse mediante extractos acuosos y alcohólicos, a través de los cuales pueden obtenerse lectinas y compuestos de alto peso molecular, tales como polisacáridos, glicoproteínas,  $\alpha$ -glucanos,  $\beta$ -glucanos, heteroglicanos, proteoglucanos, proteoheteroglucanos, polisacaropéptidos, terpenoides, y proteínas fúngicas inmunomoduladoras. Se ha demostrado ampliamente que estas macromoléculas bioactivas purificadas tienen propiedades funcionales sin efectos secundarios adversos (Sullivan et al., 2006) y que pueden incluso modificarse químicamente para mejorarlas (Wasser, 2002). Esto se ha logrado empleando diversos sistemas modelo *in vitro* e *in vivo* y desarrollando medicamentos específicos. Sólo por

citar algunos ejemplos, diversos medicamentos patentados y avalados por el Gobierno de Japón y la FDA-EUA para combatir y/o tratar el cáncer, así como potenciar el sistema inmunológico humano, incluyen: Lentinan [ $\beta$ -D-glucano, (C6H10O5)n, aislado de *Lentinula edodes*]; Krestin [PSK/PSP, complejo  $\beta$ -glucanoproteína, aislado de *Coriolus versicolor*]; Schizophyllan [ $\beta$ -glucano, aislado de *Schizophyllum commune*]; Flo-a-b (complejo proteína-polisacárido, aislado de *Agaricus blazei*); Flammulina (proteína aislada de *Flammulina velutipes*); GLP(AI) (heteropolisacárido aislado de *Ganoderma lucidum*); Ganoderan (glicoproteína aislada de *G. lucidum*); y la Fracción-MD [(1-6)-  $\beta$ -D-glucano con cadenas laterales, aislado de *Grifola frondosa*] (Lindequist et al., 2005; Zhang et al., 2007; Cheng & Leung, 2008). Diversas investigaciones clínicas y experimentales han demostrado su capacidad para prevenir (31-83%), inhibir (73-97.5%) o incluso revertir (22-77%) la formación de tumores en modelos utilizados en medicina (Mizuno, 1995; Grube et al., 2001). También tienen enorme capacidad para prevenir cánceres inducidos viralmente o químicamente, así como la metástasis cancerosa mediante la activación del sistema inmunológico (Borchers et al., 2008; Volman et al., 2010). Paralelamente, se han demostrado efectos regenerativos de los compuestos bioactivos mencionados a nivel celular, aliviando efectos secundarios derivados de los tratamientos convencionales contra el cáncer (Chang & Miles, 2004). Por ello constituyen una excelente alternativa natural para la recuperación de pacientes que reciben tratamientos de quimioterapia, radioterapia y cirugías mayores.

En general, los principales mecanismos de acción de las macromoléculas con propiedades medicinales de los hongos comestibles consisten en activar, estimular y reforzar el sistema inmunológico del organismo humano. De esta forma son capaces de proteger células sanas evitando su conversión a cancerosas, de prevenir la metástasis, y de inhibir y/o detener la formación de tumores. Diversas evidencias científicas han demostrado las propiedades anticarcinogénicas de los compuestos bioactivos, determinando su capacidad para prevenir la oncogénesis y la metástasis mediante la estimulación de subgrupos de las células-T, las células asesinas naturales (natural killer cells: NK cells), y los números y/o funciones del sistema inmunológico humano dependiente de los macrófagos (maduración, diferenciación, proliferación), dando lugar a la producción de citocinas, tales como interleucinas (ILs), factor alfa de necrosis tumoral [ $(TNF)\alpha$ ], y gama-interferón [ $(INF)\gamma$ ]. Los datos científicos indican que la modulación del sistema inmunológico promovida por los hongos y sus macromoléculas bioactivas influye de diversas maneras en las etapas de iniciación, promoción y evolución de la carcinogénesis (Ooi & Liu, 2000; Chang & Miles, 2004; Mizuno, 1999; Wasser, 2002; Lull et al., 2005; Zhang et al., 2007; Cheung, 2008).

Expansión del consumo de los hongos comestibles, funcionales y medicinales

Investigaciones realizadas por los autores durante 2000-2003 demostraron que cerca de la mitad (49.4%) de los consumidores urbanos compran hongos comestibles, independientemente de su nivel socioeconómico. La otra mitad (50.6%) no los adquiere, manifestando que no les gustan (75.5%), no los conocen (18.3%), o por percepciones diversas (6.2%; son peligrosos, están sucios, no los encuentran disponibles, no saben cómo cocinarlos). Los estudios más recientes (2004-2007) indicaron que en los supermercados se tiene mayor proporción de consumidores urbanos (59.2%) que adquieren hongos comestibles, en virtud del nivel socioeconómico que asiste a estos establecimientos. La parte restante (40.8%) mostró un comportamiento equivalente al estudio previo, expresando que no los adquieren debido a que no les gustan (20.4%), no los conocen (12.3%), o por percepciones diversas (67.3% dijo que son peligrosos, están sucios, no los encuentran disponibles, no saben cómo cocinarlos, no tienen tiempo para ello, o comen en la calle). Al comparar dos ciudades relativamente pequeñas se observó una proporción mayor de consumidores de hongos comestibles en Toluca (63%), con respecto a Tlaxcala (56.5%). Esto se debe a que Toluca tiene una mayor oferta local de hongos comestibles ya que en sus alrededores están establecidas un gran número de empresas productoras de éstos (Tabla 2). El sistema de mercado de los hongos comestibles todavía muestra debilidades y se encuentra en proceso de descentralización (Figura 7), lo que ocasiona que la mayoría de los consumidores finales adquieran hongos comestibles de baja calidad a un

precio relativamente alto en comparación incluso con los países desarrollados (Figura 8). Los consumidores tienen preferencia por el producto fresco, seguido del producto enlatado o procesado. Sin embargo, expresan desconocer el valor nutricional, funcional y medicinal de los hongos comestibles, los cuales se consideran como muy o moderadamente caros. Los consumidores manifiestan comprarlos fundamentalmente por su buen sabor, independientemente del precio. En este contexto es relevante que se hayan registrado preferencias emergentes y demanda creciente de los consumidores por nuevas presentaciones y variedades de hongos comestibles. El consumo per capita de éstos en México se estimó en 977 g anuales. Los estudios indican que el consumo de 200 g de hongos comestibles por semana, independientemente de la especie consumida, incrementa el costo de la canasta normativa diaria en tan sólo 1.5% (Mayett et al., 2006; Martínez-Carrera et al., 2010).

## PERSPECTIVAS

Las propiedades nutricionales, funcionales y medicinales de los hongos comestibles representan una contribución relevante a la seguridad alimentaria del país, así como una estrategia adecuada para promover el crecimiento sostenido equitativo de la producción y el consumo de estos importantes recursos genéticos. En los próximos años será importante promover al máximo su consumo por parte de la población no consumidora (45.7%), así como en todos los sectores sociales. Asimismo, se considera factible incrementar en México, a corto plazo, tanto la frecuencia de consumo (1-2 veces por semana) como el consumo per capita anual (a por lo menos a 1.5 kg). Una acción estratégica de esta naturaleza permitiría un mayor impacto social, económico y ecológico del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles en el país. ■



## LITERATURA CITADA

- BORCHERS, A. T., A. KRISHNAMURTHY, C. L. KEEN, F. J. MEYERS & M. E. GERSHWIN. 2008. THE IMMUNOBIOLOGY OF MUSHROOMS. EXPERIMENTAL BIOLOGY AND MEDICINE 233: 259-276.
- CHANG, S. T. & P. G. MILES. 2004. MUSHROOMS: CULTIVATION, NUTRITIONAL VALUE, MEDICINAL EFFECT, ENVIRONMENTAL IMPACT. CRC PRESS, BOCA RATON, 451 PP.
- CHENG, K.-F. & P.-C. LEUNG. 2008. GENERAL REVIEW OF POLYSACCHAROPEPTIDES (PSP) FROM *C. VERSICOLOR*: PHARMACOLOGICAL AND CLINICAL STUDIES. CANCER THERAPY 6: 117-130.
- CHEUNG, P. C. K. (ED.). 2008. MUSHROOMS AS FUNCTIONAL FOODS. JOHN WILEY & SONS, INC., HOBOKEN, NEW JERSEY. 259 PP.
- GRUBE, B. J., E. T. ENG, Y. C. KAO, A. KWON & S. CHEN. 2001. WHITE BUTTON MUSHROOM PHYTOCHEMICALS INHIBIT AROMATASE ACTIVITY AND BREAST CANCER CELL PROLIFERATION. JOURNAL OF NUTRITION 131: 3288-3293.
- LINDEQUIST, U., T. H. J. NIEDERMEYER & W.-D. JÜLICH. 2005. THE PHARMACOLOGICAL POTENTIAL OF MUSHROOMS. EVIDENCEBASED COMPLEMENTARY AND ALTERNATIVE MEDICINE (OXFORD) 2: 285-299.
- LUU, C., H. J. WICHERS & H. F. J. SAVELKOUL. 2005. ANTIINFLAMMATORY AND IMMUNOMODULATING PROPERTIES OF FUNGAL METABOLITES. MEDIATORS OF INFLAMMATION 2: 63-80.
- MARTÍNEZ-CARRERA, D., N. CURVETTO, M. SOBAL, P. MORALES & V. M. MORA (EDS.). 2010. 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-UNSNACYT-AMC-UAM-UPAEP-IMINAP, PUEBLA. 648 PP.
- MAYETT, Y., D. MARTÍNEZ-CARRERA, M. SÁNCHEZ, A. MACÍAS, S. MORA & A. ESTRADA. 2006. CONSUMPTION TRENDS OF EDIBLE MUSHROOMS IN DEVELOPING COUNTRIES: THE CASE OF MEXICO. JOURNAL OF INTERNATIONAL FOOD AND AGRIBUSINESS MARKETING 18: 151-176.
- MIZUNO, T. 1995. SHIITAKE, LENTINUS EDODES: FUNCTIONAL PROPERTIES FOR MEDICINAL AND FOOD PURPOSES. FOOD REVIEWS INTERNATIONAL 11: 111-128.
- MIZUNO, T. 1999. THE EXTRACTION AND DEVELOPMENT OF ANTITUMOR ACTIVE POLYSACCHARIDES FROM MEDICINAL MUSHROOMS IN JAPAN (REVIEW). INTERNATIONAL JOURNAL OF MEDICINAL MUSHROOMS 1: 9-29.
- MIZUNO, T., T. SAKAI & G. CHIHARA. 1995. HEALTH FOODS AND MEDICINAL USAGES OF MUSHROOMS. FOOD REVIEWS INTERNATIONAL 11: 69-81.
- OOI, V. E. C. & F. LIU. 2000. IMMUNOMODULATION AND ANTI-CANCER ACTIVITY OF POLYSACCHARIDE-PROTEIN COMPLEXES. CURRENT MEDICINAL CHEMISTRY 7: 715-729.
- SMITH, J. E., N. J. ROWAN & R. SULLIVAN. 2002. MEDICINAL MUSHROOMS: A RAPIDLY DEVELOPING AREA OF BIOTECHNOLOGY FOR CANCER THERAPY AND OTHER BIOACTIVITIES. BIOTECHNOLOGY LETTERS 24: 1839-1845.
- SULLIVAN, R., J. E. SMITH & N. J. ROWAN. 2006. MEDICINAL MUSHROOMS AND CANCER THERAPY. PERSPECTIVES IN BIOLOGY AND MEDICINE 49: 159-170.
- VOLMAN, J. J., J. P. HELSPER, S. WEI, J. J. BAARS, L. J. VAN GRIENSVEN, A. S. SONNENBERG, R. P. MENSINK & J. PLAT. 2010. EFFECTS OF MUSHROOM-DERIVED -GLUCAN-RICH POLYSACCHARIDE EXTRACTS ON NITRIC OXIDE PRODUCTION BY BONE MARROW-DERIVED MACROPHAGES AND NUCLEAR FACTOR-KB TRANSMISSION IN CACO-2 REPORTER CELLS: CAN EFFECTS BE EXPLAINED BY STRUCTURE? MOLECULAR NUTRITION AND FOOD RESEARCH 54: 268-276.
- WASSER, S. P. 2002. MEDICINAL MUSHROOMS AS A SOURCE OF ANTITUMOR AND IMMUNOMODULATING POLYSACCHARIDES. APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY 60: 258-274.
- ZHANG, M., S. W. CUI, P. C. K. CHEUNG & Q. WANG. 2007. ANTITUMOR POLYSACCHARIDES FROM MUSHROOMS: A REVIEW ON THEIR ISOLATION PROCESS, STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND ANTITUMOR ACTIVITY. TRENDS IN FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY 18: 4-19.

## EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN-VINCULACIÓN (I+V) PARA LA ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EN NÚCLEOS AGRARIOS DE MÉXICO

Jorge Cadena-Iñiguez, Línea prioritaria de investigación 13: Comunidades Rurales Agrarias, Ejidos y Conocimiento Local; Campus San Luis Potosí, [jocadena@colpos.mx](mailto:jocadena@colpos.mx)

Angel Martínez-Becerra, Línea prioritaria de investigación 13: Comunidades Rurales Agrarias, Ejidos y Conocimiento Local; Campus Tabasco.

Gustavo López-Romero, Línea prioritaria de investigación 13: Comunidades Rurales Agrarias, Ejidos y Conocimiento Local; Campus Veracruz.

Brenda I. Trejo Téllez, Línea prioritaria de investigación 13: Comunidades Rurales Agrarias, Ejidos y Conocimiento Local; 1Campus San Luis Potosí, Katia A. Figueroa Rodríguez, Línea prioritaria de investigación 13: Comunidades Rurales Agrarias, Ejidos y Conocimiento Local; Campus Córdoba.

Daniel Talavera-Magaña, Línea prioritaria de investigación 13: Comunidades Rurales Agrarias, Ejidos y Conocimiento Local; Campus San Luis Potosí.

Francisco Hernández Rosas, Línea prioritaria de investigación 13: Comunidades Rurales Agrarias, Ejidos y Conocimiento Local; Campus Córdoba.

Colegio de Postgraduados, Km 36.5 Carretera México-Texcoco C.P. 56230, Texcoco, Estado de México. \*

## INTRODUCCIÓN

Los esquemas mundiales de globalización han generado mayores niveles de competencia (Martínez-Becerra et al., 2010), impactando tanto a los medios de producción como a las formas de asociación y comercialización de los grupos humanos dedicados a actividades agropecuarias (Cadena-Iñiguez et al., 2007). Lo anterior resulta limitante para los productores minifundistas, debido principalmente a que no disponen de suficientes recursos financieros y a que no están capacitados para elevar su nivel de oportunidad comercial y promover su desarrollo (Cadena-Iñiguez et al., 2008b). Este problema se agudiza cuando la tecnología al alcance es inapropiada a situaciones locales para conseguir aumentos importantes en la producción y reducción de costos, lo que se traduce finalmente en limitantes para la competitividad. Otro de los factores que limitan el desarrollo comunitario en áreas rurales es el desfase de los apoyos gubernamentales; generalmente, la llegada de éstos ocurre tarde en relación a los ciclos agrícolas, o bien, a través de proyectos centrales, los cuales muestran con frecuencia un alto grado de desvinculación con las prioridades locales (Cazorla et al., 2005), generando así desinterés y desistimiento del apoyo o abandono del proyecto incipiente.