

Martínez-Carrera, D., P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla & W. Martínez. 2007. México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de producción consumo de los hongos comestibles. Capítulo 6.1, 20 pp. In: *El Cultivo de Setas Pleurotus spp. en México*. J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata & H. Leal (Eds.). ECOSUR-CONACYT, México, D.F. ISBN 978-970-9712-40-7.

MÉXICO ANTE LA GLOBALIZACIÓN EN EL SIGLO XXI: EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN-CONSUMO DE LOS HONGOS COMESTIBLES*

D. Martínez-Carrera, P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla y W. Martínez

Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, *Campus Puebla*, Biotecnología de Hongos Comestibles, Puebla 72001, Puebla, México.

Fax: 222-2852162. Correo electrónico: dcarrera@colpos.mx

RESUMEN

En los inicios de siglo XXI, a pesar de su importancia social, económica y ecológica, el sistema de producción-consumo de los hongos comestibles silvestres y cultivados (SPC-HC) representa todavía una de las actividades más herméticas y poco conocidas del sector primario nacional, sobre todo en lo relacionado a sus estructuras, procesos, variables socioeconómicas, patrones de desarrollo, e inter-relaciones con otros sectores. Estas son las causas principales del rezago y eventual sustitución o reemplazo de estas importantes actividades productivas. Se plantea la necesidad de: 1) Definir la naturaleza y sector de las actividades; 2) Un concepto unificado de hongos comestibles, el cual integre a las especies silvestres y cultivadas; y 3) Integrar el SPC-HC dentro del marco que establecen las leyes en la materia, particularmente la Ley de Desarrollo Rural Sustentable. En este contexto, se describen los componentes fundamentales del SPC-HC: aspectos históricos, producción nacional, comercio interior, consumo, y comercio exterior. Se propone una mayor integración y vinculación de todos los sectores involucrados: académico, público, privado, y social. Ningún sector aislado está en posibilidades reales de enfrentar los grandes retos de la globalización en el siglo XXI. Esta vinculación permitiría: 1) Aprovechar y manejar la enorme diversidad biológica, ecológica, y cultural del país; 2) Desarrollar investigaciones con el apoyo que ofrecen la biotecnología aplicada y la biotecnología moderna de los hongos comestibles; y 3) La incorporación de los hongos comestibles, en su concepto genérico, a los sistemas de información gubernamental, así como a las estrategias, programas de apoyo y toma de decisiones del sector público, de la misma manera que otros importantes sectores productivos. Los planteamientos anteriores constituyen relevantes acciones estratégicas para el desarrollo sostenible de un SPC-HC tecnológicamente innovador y competitivo en México.

Palabras clave: Globalización, cadena de valor, sistema de producción-consumo, hongos comestibles.

* Trabajo financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en México.

INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos naturales no sólo de buen sabor, sino también inocuos, nutritivos y con propiedades benéficas para la salud, representa la gran tendencia mundial de la alimentación humana en el siglo XXI. Tan sólo en los E.U.A., la demanda de productos orgánicos, suplementos alimenticios y medicinales se ha incrementado de \$ 3.3 a 14 billones de dólares durante el período 1990-2000. Lo anterior nace de la confirmación de un principio fundamental y universal: la dieta humana debe ser completa, suficiente, equilibrada y que garantice una completa satisfacción biológica, psicológica y social. La mayoría de nosotros consume hongos comestibles por su excelente sabor, aroma, y textura. Sin embargo, es poco conocido su gran potencial como alimento funcional con propiedades nutricionales 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 (Martínez-Carrera *et al.*, 2004).

Actualmente, la producción mundial supera los 7 millones de toneladas de hongos comestibles cultivados frescos por año, cuyo valor económico aproximado supera los 30 billones de dólares. La tasa promedio de incremento anual en la producción de hongos es superior al 11%. También se han descubierto notables propiedades medicinales en estos hongos (anticancerígenas, antibióticas, que reducen el nivel de colesterol y la hipertensión, antitrombóticas, antidiabéticas), lo cual ya brinda un impulso adicional al desarrollo de este campo. Se ha estimado que se generan operaciones comerciales de alto valor agregado superiores a los 3.6 billones de dólares en los mercados internacionales de la industria alimenticia, farmacéutica, y de perfumería y cosméticos,

observándose una creciente demanda en Europa, Norteamérica y Japón. A nivel mundial, el champiñón (*Agaricus*) es el hongo comestible más importante con un nivel de producción superior a los 2 millones de toneladas métricas anuales, seguido por el *shiitake* (*Lentinula*) con más de 1.5 millones de toneladas, y las setas (*Pleurotus*) con alrededor de un millón de toneladas. La importancia ecológica de esta actividad radica en la utilización y reciclaje acelerado de millones de toneladas de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales utilizados como substrato de cultivo (Chang, 1999; Kues y Liu, 2000; Chang y Miles, 2004).

En el caso de los hongos comestibles silvestres, su explotación se lleva a cabo en diversas regiones boscosas del mundo. Cada año, se estima que se comercializan más de 200,000 toneladas de hongos silvestres, cuyo valor económico supera los USD \$ 1.6 billones de dólares (Watling, 1997). Tan sólo en España, alcanzan a comercializarse 1,200-4,000 kg de hongos silvestres por día, con precios al consumidor que oscilan entre 2-30 euros por kilo fresco de buena calidad, en las regiones de Cataluña, Lugo, Cuenca, Soria y Palencia (De Román y Boa, 2004).

En esta investigación se discute la relevancia de los hongos comestibles silvestres y cultivados en el país, analizados desde un enfoque de sistema de producción-consumo describiendo sus estructuras, procesos, variables socioeconómicas, patrones de desarrollo, e inter-relaciones con otros sectores.

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Durante la última década, la globalización ha modificado de manera acelerada la economía mundial, así como prácticamente todas las facetas de la actividad humana. El análisis de estos procesos y transformaciones se ha concentrado en aquellos sectores industriales que se desarrollan a escala global (*e.g.*, electrónica, automóviles, ropa-textiles, plásticos, medicinas). Los enfoques de cadena de valor y red de producción han resultado bastante útiles para definir integralmente los actores fundamentales de cada sector, sus parámetros de proceso y producto, y tendencias de desarrollo. Entender el funcionamiento de la secuencia de actividades productivas que agregan valor hasta la utilización final de los productos, en un plano de organizacional y geográfico, es fundamental para el desarrollo socioeconómico de cualquier país en el siglo XXI (Porter, 1990; Sturgeon, 2001).

Actualmente, la sostenibilidad del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles silvestres y cultivados (SPC-HC) en México está siendo amenazada por el alto grado de competitividad generado por la globalización. Los autores han desarrollado investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas para definir el desarrollo histórico y las principales actividades productivas de agregación de valor asociadas al SPC-HC en el país. Se parte de bases metodológicas que consideran la teoría de sistemas, así como los enfoques de cadena de valor y red de producción. Se desarrolló el modelo del Sistema Familiar Rural (SFR; **Fig. 1**) para estudiar el desarrollo, importancia y tendencias del aprovechamiento y consumo de los hongos comestibles silvestres y cultivados por parte del sector social en las zonas rurales (Aguilar *et al.*, 2002; Pellicer-González *et al.*, 2002; Martínez-Carrera *et al.*, 2002). Este modelo también permite evaluar las condiciones socioeconómicas de la comunidad, el nivel de organización de los SFRs, la capacidad potencial del SFR para cultivar y/o recolectar hongos comestibles, la importancia relativa que pueden alcanzar estas actividades dentro del SFR, y el potencial de los SFRs para adoptar/adaptar nuevas tecnologías e integrarse a las cadenas de valor. Se considera que la información esencial proporcionada por dichos estudios, permitirá promover el desarrollo del SPC-HC cuya importancia social, económica y ecológica es enorme.

DEFINICIÓN DE LA ACTIVIDAD Y SECTOR

A pesar de la importancia del SPC-HC, éste representa quizás la actividad más hermética y poco conocida del sector primario nacional, sobre todo en lo relacionado a sus componentes y variables socioeconómicas, estructuras, relaciones, patrones de desarrollo, e inter-relaciones con otros sectores. Es relevante, por lo tanto, establecer los criterios generales que permitan ubicar con claridad la naturaleza de esta actividad, incluyendo el sector donde se realiza, quiénes y cómo la llevan a cabo, con el objeto de integrarla al resto de actividades socioeconómicas (**Fig. 2**). En México, el SPC-HC se ubica dentro del Sector Primario (Martínez-Carrera *et al.*, 1993), entendido éste como aquel componente de la economía que agrupa en su sentido más amplio la producción agrícola, pecuaria, pesquera, silvícola y la minería. En este caso, el concepto de producción a partir de recursos naturales renovables es incluyente, ya que agrupa la denominada producción natural, por ejemplo aquella derivada del manejo forestal a través del aprovechamiento extractivo de productos maderables y no

maderables, así como la denominada producción comercial generada por la aplicación de tecnologías en actividades y procesos productivos controlados. Los hongos comestibles silvestres están asociados a la producción natural, mientras que los hongos comestibles cultivados se encuentran relacionados con la producción comercial (Martínez-Carrera, 2002b; Martínez-Carrera *et al.*, 1991b, 1992, 1998a, 2002). En consecuencia, las actividades agropecuarias y forestales incluyen todos aquellos procesos productivos primarios basados en los recursos naturales renovables susceptibles de aprovechamiento (tierras; bosques; agua; comunidades vegetales, animales y microbianas; recursos genéticos y minerales). El concepto de proceso productivo primario es integral, ya que agrupa todo lo relacionado a insumos, capital, tecnología, conocimiento, trabajo, extracción, producción, acopio, transformación, distribución y comercialización.

Tanto la recolección de hongos comestibles silvestres como el cultivo de hongos comestibles, a pequeña y gran escala, constituyen procesos productivos primarios que pueden ser llevados a cabo por el sector social y por el sector privado (Martínez-Carrera, 2000; Martínez-Carrera *et al.*, 2000). El sector social está integrado por aquellas personas y organizaciones que no dependen del sector público y que son ajenas al sector privado, tales como campesinos, ejidatarios, comunidades agrícolas, pequeños propietarios, sociedades de producción rural, asociaciones campesinas, y cooperativas. Por su parte, el sector privado incluye aquel sector económico ajeno al control directo del Estado que recibe, sin embargo, su acción inductiva y que involucra las actividades propias de la empresa privada orientadas a satisfacer las necesidades de bienes y servicios que demanda la sociedad. Interesante es el caso de las comunidades indígenas y campesinas asociadas a regiones boscosas en México, donde los SFRs y sus asociaciones pueden desarrollar, incluso simultáneamente, tanto la recolección de hongos comestibles silvestres como el cultivo de hongos comestibles. En este caso, ambos procesos productivos primarios son considerados como actividades extra-agrícolas llevadas a cabo por el sector social (Pellicer-González *et al.*, 2002; Aguilar *et al.*, 2002; Martínez-Carrera *et al.*, 2002). En el sector privado, el cultivo de hongos comestibles a pequeña o gran escala se considera parte de la producción agropecuaria, a nivel de micro, pequeña, mediana y gran empresa o como agroindustria no convencional (Martínez-Carrera *et al.*, 1993).

HACIA UN CONCEPTO UNIFICADO DE LOS HONGOS COMESTIBLES EN MÉXICO

El dinamismo actual de la economía mundial es sorprendente y no tiene precedentes en la historia. Una competitividad creciente se observa en todos los sistemas de producción-consumo (SPC), a nivel local, nacional, e internacional. Sin embargo, al mismo tiempo, esta competitividad es el resultado de una mayor integración económica a escala global. En este contexto, el papel del Estado ha llegado a ser fundamental por su capacidad de suministrar apoyos y servicios estratégicos para el desarrollo sostenible de estos SPC. En los países en desarrollo, la importancia del Estado es todavía más notoria, sobre todo en aquellos sectores de la economía caracterizados por baja rentabilidad y menor dinamismo. En cada país, las políticas públicas establecidas por los gobiernos cuentan con una serie de criterios y lineamientos definidos para ejecutar estrategias y programas a nivel institucional. Las decisiones de política y la jerarquización de prioridades se realizan con base en los sistemas de información gubernamentales, los cuales determinan la relevancia social de los distintos SPC. Es evidente, por lo tanto, que todas aquellas actividades no consideradas en los sistemas de información gubernamental y, consecuentemente, en las políticas públicas, estrategias y programas, quedarán al margen o fuera de los apoyos y servicios estratégicos que ofrece el gobierno. En el largo plazo, estas actividades perderán dinamismo y tenderán a desaparecer, a ser reemplazadas por otras actividades sustitutas de mayor relevancia social, o a ser desplazadas por sistemas externos.

En México, los hongos comestibles representan un SPC de nivel intermedio en importancia. Desafortunadamente, por razones históricas, se ha establecido en el país una dicotomía entre hongos comestibles silvestres y hongos comestibles cultivados. Esto es notorio en el medio académico, donde son estudiados por investigadores desde una perspectiva bastante disciplinaria (*e.g.*, taxonomía, genética, fisiología, ecología), cuya interacción es mínima. En no pocos casos, la sociedad organizada rebasa las capacidades del sector académico y sociedades científicas, estableciendo demandas específicas, tecnológicas y de servicio, así como organizando eventos para vender y promover sus productos. Este es el caso de las ya famosas “Ferias de los Hongos” en los Estados de México (Cuajimalpa), Michoacán (Sengúio), Oaxaca (Cuajimoloyas), y Chihuahua (San Juanito) [Fig. 3]. El desconocimiento científico, la falta de gestión y vinculación con las necesidades de la sociedad, y el hermetismo intrínseco del SPC-HC son las causas principales del rezago y eventual sustitución o reemplazo de estos importantes procesos productivos primarios a nivel nacional.

Existen, sin embargo, diversas razones que hacen conveniente y necesario manejar a los hongos comestibles, silvestres y cultivados, como dos variantes de un mismo producto, así como de un mismo SPC. Entre ellas pueden mencionarse: 1) La recolección de hongos silvestres para venta y/o autoconsumo y el cultivo de hongos comestibles a pequeña y gran escala son, ante todo, actividades socioeconómicas del sector primario (Martínez-Carrera, 2002b; Martínez-Carrera *et al.*, 2002); 2) Varias especies de hongos comestibles considerados silvestres (*Agaricus*, *Lentinula*, *Pleurotus*, *Ganoderma*, *Grifola*) tienen alto potencial de cultivo; 3) Cuando menos una especie de hongo cultivado (*Pleurotus*), fue considerado originalmente un hongo comestible silvestre; 4) La Ley de Desarrollo Rural Sustentable integra, de manera general, a los hongos comestibles silvestres y cultivados; 5) Tanto la recolección de hongos comestibles silvestres, como la producción de hongos comestibles cultivados, son actividades extra-agrícolas desarrolladas por el SFR del sector social, sobre todo en la región central del país (Aguilar *et al.*, 2002; Martínez-Carrera *et al.*, 2002); 6) Las tecnologías de procesamiento postcosecha disponibles (refrigeración, atmósferas controladas, envasado, congelado, secado) pueden aplicarse indistintamente a hongos silvestres y cultivados (Martínez-Carrera, 1998; Martínez-Carrera *et al.*, 1996, 1998b); 7) Diversas empresas procesan y comercializan hongos comestibles silvestres y cultivados como componentes de una misma línea de productos; 8) Los hongos comestibles silvestres y cultivados comparten canales de comercialización dentro del sistema de mercado (Martínez-Carrera *et al.*, 2005); 9) En épocas definidas del año, los hongos silvestres y cultivados satisfacen el mismo mercado objetivo, complementando las preferencias de los consumidores de este producto (Mayett *et al.*, 2006); 10) En términos generales, las propiedades nutricionales y medicinales de los hongos comestibles silvestres y cultivados pueden considerarse equivalentes (Chang y Miles, 2004; Martínez-Carrera *et al.*, 2004); 11) La mayor parte de las estadísticas oficiales gubernamentales consideran productos genéricos como la unidad básica de ponderación, es decir, un conjunto de productos específicos con características similares (*e.g.*, todas las marcas y tipos de galletas forman el concepto genérico galletas); y 12) La mayoría de muestras gastronómicas de todos niveles consideran indistintamente a los hongos silvestres y cultivados.

Por otro lado, el SPC-HC corre el riesgo de disminuir drásticamente su relevancia social debido a la falta de apoyos, servicios y acciones estratégicas que ofrece actualmente el gobierno.

En el caso del SPC de los hongos comestibles silvestres ya existen señales preocupantes sobre la sostenibilidad del sistema, por tratarse de la actividad de menor relevancia. Sólo el 3.2% de los consumidores de hongos comestibles de la región central de México, independientemente de su nivel social, manifestaron consumir especies silvestres (Mayett *et al.*, 2006). En una comunidad del Estado de Puebla (San Andrés Hueyacatitla) con amplia tradición por el consumo de hongos silvestres, sólo ocho SFRs (1.4%) de un total de 541 desarrollaban actividades de recolección de hongos silvestres de manera consistente durante la época de lluvias (Pellicer-González *et al.*, 2002). Las actividades de recolección estuvieron asociadas a los SFRs que carecían de tierras de cultivo y pertenecientes al nivel social más bajo dentro de la comunidad. En el mismo Estado de Puebla, las intoxicaciones atribuidas al consumo de hongos silvestres se ha considerado un problema de salud pública, e incluso se ha prohibido su venta en los tianguis y mercados públicos (Galindo, 2002).

En lo que respecta al SPC de los hongos comestibles cultivados, aunque su relevancia social es mayor también enfrenta riesgos de consideración. La falta de apoyos, servicios y acciones estratégicas del gobierno hacia la producción por parte de los sectores social y privado, asociada a una entrada descontrolada de las importaciones de hongos cultivados al mercado nacional, podrían conducir a un estancamiento y retroceso de la importancia social de esta actividad en México (Martínez-Carrera, 2002b). Ante la falta de apoyos, sobre todo los pequeños y medianos productores de hongos comestibles tenderán a cambiar de actividad considerando aquellas que cuenten con apoyos técnico-financieros directos y mayores expectativas de rentabilidad.

Con base en lo anterior, se considera que promover un concepto unificado de los hongos comestibles, el cual integre las especies silvestres y cultivadas, constituye una relevante acción estratégica para el desarrollo sostenible del SPC-HC en México. Esto permitiría la incorporación de los hongos comestibles, en su concepto genérico, a los sistemas de información gubernamental, así como a las estrategias, programas de apoyo y toma de decisiones. El SPC-HC, de la misma manera que otros importantes sectores productivos, podría contar entonces con apoyos para: 1) Investigaciones básicas, aplicadas, y socioeconómicas; 2) Desarrollar innovaciones tecnológicas y su transferencia al sector; 3) Formar recursos humanos de alto nivel, capacitación y asistencia técnica; 4) Financiamiento y estímulos fiscales; 5) Estadísticas sectoriales e información oportuna de mercados; 6) Normatividad y certificación sobre inocuidad y calidad alimentaria; 7) Desarrollar estrategias de divulgación científica y mercadotécnicas que promuevan el consumo de hongos comestibles; y 8) Promover exportaciones de

alto valor agregado. En pleno siglo XXI, estas bases serían lo suficientemente sólidas para desarrollar un SPC-HC cada vez más viable y tecnológicamente competitivo a nivel internacional.

RELEVANCIA DE LA LEY DE DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE (LDRS)

Esta ley entró en vigor el 8 de diciembre del 2001, después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación. Se trata de un instrumento de gran importancia porque: 1) Promueve la sostenibilidad del desarrollo rural a través de una reestructuración e integración de todos los sectores, garantizando la rectoría del Estado; 2) Incorpora el enfoque de cadena de valor y red de producción, llamadas “cadenas productivas” y “cadenas producción-consumo” en el contexto de la LDRS, considerando la secuencia, promoción y articulación de actividades productivas que agregan valor hasta la utilización final de los productos e incluyendo información estratégica (conocimiento, tecnología), recursos humanos, infraestructura, capital, organización económica y servicios diferenciados; 3) Promueve la organización e integración de Sistemas-Producto, definidos como el conjunto de elementos y agentes concurrentes de los procesos productivos de productos agropecuarios, incluidos el abastecimiento de equipo técnico, insumos productivos, recursos financieros, la producción primaria, acopio, transformación, distribución y comercialización; y 4) Establece como importante acción estratégica el Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable.

La LDRS considera de interés público el desarrollo rural sustentable, incluyendo la planeación y organización de la producción agropecuaria, su industrialización y comercialización, y de los demás bienes y servicios, y todas aquellas acciones tendientes a la elevación de la calidad de vida de la población rural (Artículo 1º). Aunque los hongos comestibles cultivados no están incluidos en las estadísticas generadas por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en su calidad de proceso productivo primario, es evidente que están incluidos dentro de la LDRS y, por lo tanto, recibirán sus beneficios (políticas, estrategias, programas, acciones, apoyos, servicios) los miembros del sector social y privado que lleven a cabo esta actividad. En el caso de los hongos comestibles silvestres y su recolección, estos quedan incluidos cuando se hace referencia a la conservación y uso óptimo de los recursos naturales en el Artículo 4º de la LDRS: “Para lograr el desarrollo rural sustentable el Estado, con el concurso de los diversos agentes organizados, impulsará un proceso de transformación social y económica que reconozca la vulnerabilidad del sector y conduzca al mejoramiento sostenido y sustentable de las condiciones de vida de la población rural, a través del fomento de las actividades productivas y de desarrollo social que se realicen en el ámbito de las diversas regiones del medio rural, procurando el uso óptimo, la conservación y el mejoramiento de los recursos naturales y orientándose a la diversificación de la actividad productiva en el campo, incluida la no agrícola, a elevar la productividad, la rentabilidad, la competitividad, el ingreso y el empleo de la población rural”. Asimismo, en el Artículo 5º, fracción IV: “Fomentar la conservación de la biodiversidad y el mejoramiento de la calidad de los recursos naturales, mediante su aprovechamiento sustentable”. Es pertinente mencionar que la LDRS definió a los recursos naturales como todos aquellos bienes naturales renovables y no renovables susceptibles de aprovechamiento, a través de los procesos productivos rurales y proveedores de servicios ambientales: tierras, bosques, recursos minerales, agua, comunidades vegetativas y animales y recursos genéticos.

El capítulo X de la LDRS es de particular relevancia para los hongos comestibles silvestres y cultivados, en sus artículos 99 y 101, en virtud de que trata sobre la importancia de la calidad de los cuerpos fructíferos que se comercializan, así como de la “semilla” para el caso de los hongos cultivados. En el artículo 99, se estableció el Servicio Nacional de Normalización e Inspección de Productos Agropecuarios y del Almacenamiento, el cual promoverá la elaboración, observancia, inspección y certificación de normas sanitarias y de calidad en lo relativo a la recepción, manejo y almacenamiento de los productos agropecuarios. Por su parte, el artículo 101 estableció que el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas será la instancia coordinadora de las actividades para la participación de los diversos sectores de la producción, certificación y comercio de semillas y estará a cargo de la SAGARPA. En el capítulo XIII, el artículo 134 señaló un servicio fundamental del Estado y esencial para el desarrollo del SPC-HC, a través del Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable, mediante el cual integrará y difundirá la información sobre aspectos económicos relevantes de la actividad agropecuaria (producción, área de cultivo, márgenes); padrón de tecnologías, proveedores de servicios, y empresas; mercados regionales, nacionales e internacionales, relativos a la demanda y la oferta; expectativas

de producción nacional e internacional; y cotizaciones de precios por producto y calidad a fin de facilitar la comercialización.

Finalmente, el capítulo XIV de la LDRS, en su artículo 149 se estableció una importante acción estratégica mediante el establecimiento, organización e integración de Sistemas-Producto, como comités del Consejo Mexicano, con la participación de los actores principales de cada producto agropecuario (productores, agroindustriales, comercializadores, organizaciones). Esto con el objeto de concertar estrategias de producción y comercialización; establecer medidas, normas y alianzas estratégicas para la integración de las cadenas productivas; participar en la definición de aranceles, cupos y modalidades de importación; y generar mecanismos de concertación entre productores primarios, industriales e instituciones. Los Comités Sistema-Producto serán un mecanismo clave para la planeación y concertación permanente entre los actores económicos que forman parte de las cadenas productivas.

Por supuesto, existen otras leyes donde también puede contextualizarse la relevancia del SPC-HC, tales como: la Ley Forestal; la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente; el Plan Nacional de Desarrollo; el Acuerdo Nacional para el Campo; la normatividad sobre el uso, extracción, aprovechamiento y apropiación de la biodiversidad y los recursos genéticos; así como otros ordenamientos aplicables. Aunque son básicos para el desarrollo sostenible del SPC-HC, no se analizan a detalle en este caso por razones de espacio.

EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN-CONSUMO DE LOS HONGOS COMESTIBLES EN MÉXICO

En el contexto de la LDRS y del sector primario, también llamado: 1) Cadena producción-consumo; 2) Sistema-producto; 3) Cadena productiva; y 4) Cadena agroalimentaria. La mayor parte de la información disponible corresponde a los hongos comestibles cultivados, ya que en los hongos comestibles silvestres los datos que se han generado son mínimos.

a) Aspectos históricos relevantes

La producción de hongos comestibles inició como una auténtica biotecnología tradicional, basada en técnicas sencillas de propagación, hace aproximadamente 1,000-1,400 años en China, con el cultivo empírico de las “orejas de ratón” (*Auricularia* spp.) y del “shiitake” [*Lentinula edodes* (Berk.)Pegler]. De la misma forma, aunque como proceso independiente, también comenzó en Francia hace más o menos 350 años con el cultivo del champiñón (*Agaricus* spp.). A través del tiempo, ha sido posible la incorporación y desarrollo de tecnologías que han mejorado substancialmente la producción comercial a gran escala no tan sólo de los hongos comestibles mencionados, sino también de otras especies potencialmente cultivables (Chang y Miles, 2004; Martínez-Carrera, 2002a). Ahora ya pueden distinguirse dos grandes tendencias en la biotecnología de hongos comestibles a nivel mundial: 1) Biotecnología aplicada, y 2) Biotecnología moderna. La biotecnología aplicada en hongos comestibles se ha derivado de las técnicas tradicionales, enriquecidas con innovaciones biológicas, mecánicas, y experiencias locales derivadas de un contexto social, económico y ecológico. En cambio, la biotecnología moderna se ha desarrollado y visto fortalecida con poderosas tecnologías que permiten el estudio y manipulación directa del material genético de los hongos comestibles, concretamente del ácido desoxiribonucleico (ADN). Actualmente, aunque con mucho menor grado de desarrollo, pueden identificarse en México las tendencias predominantes a nivel mundial. En la **Tabla 1**, se aprecian los eventos históricos más relevantes de la biotecnología de producción de hongos comestibles en el país, así como aquellos sectores de la sociedad que los han impulsado. La biotecnología aplicada cuenta con mayor desarrollo y ha dado lugar a la producción comercial de hongos comestibles, a pequeña o gran escala, por parte de los sectores privado y social. El sector privado lo ha hecho en mayor medida durante los últimos 70 años, mientras que el sector social inició más recientemente apoyándose en el sector público, tanto académico como de programas de desarrollo gubernamentales. Se tienen experiencias exitosas en los Estados de Puebla, México, Hidalgo, Tlaxcala, Morelos, Veracruz, Jalisco, Yucatán, Guerrero, Oaxaca, Querétaro, y Chiapas (Sánchez, 2005). La biotecnología moderna ha iniciado recientemente en el sector académico, aunque su impacto potencial en el largo plazo es también bastante prometedor ya que se dispone de sistemas de transformación genética para el champiñón (*Agaricus*; Mikosch *et al.*, 2000), las setas (*Pleurotus*; Honda *et al.*, 2000), y el shiitake (*Lentinula*; Sato *et al.*, 1998). Debe resaltarse que México es el único país latinoamericano que cuenta con una importante red de grupos de investigación, los cuales trabajan en diversos aspectos básicos, aplicados, y socioeconómicos relacionados con el

cultivo de hongos comestibles. Sin embargo, se trata de grupos relativamente jóvenes formados a principios de los años 1980's, siendo todavía heterogéneos en formación académica, masa crítica de investigadores e infraestructura. El impacto de sus estudios en el desarrollo del sector privado ha sido limitado, aunque a futuro su relevancia estratégica será mayor. Pueden mencionarse importantes investigaciones desarrolladas sobre el aislamiento de cepas mexicanas, caracterización del germoplasma, producción de enzimas, adaptación fisiológica, relaciones antagónicas entre hongos y mohos (Mata y Salmones 2003); la obtención de cepas acelulolíticas (Ramírez-Carrillo *et al.*, 1991), cepas comerciales desarrolladas por mejoramiento genético (Morales *et al.*, 1995), y desarrollos tecnológicos (Sánchez-Vázquez *et al.*, 1995; Martínez-Soto *et al.*, 1998; Coutiño *et al.*, 2004).

b) La situación actual

Producción nacional

Actualmente, la producción comercial de hongos comestibles cultivados es una actividad relevante (Martínez-Carrera, 2002b). Se estima que los volúmenes de producción ascienden a más o menos 47,468 toneladas anuales de hongos frescos (**Fig. 4**). Nuestro país es el mayor productor de Latinoamérica, ya que genera alrededor del 58.9% de la producción total de esa región y lo ubica como el 16o. productor a nivel mundial. El monto anual de las operaciones comerciales supera los 200 millones de dólares, generando alrededor de 25 mil empleos directos e indirectos. La importancia ecológica de esta actividad económica radica en la utilización y reciclaje de más de 474,000 toneladas anuales de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales. Los hongos comestibles que se cultivan comercialmente en México (*Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Ganoderma*, *Grifola*), incluyendo sus volúmenes y proporciones de producción anual, se muestran en la **Tabla 2**. La mayor proporción de 95.35% corresponde a los champiñones (champiñón blanco: 44,931.5 ton/año; champiñón café: 328.5 ton/año), seguido por las setas con 4.62% (blanca, gris, café: 2,190 ton/año), y el *shiitake* con 0.038% (18.2 ton/año). En el caso del *reishi* y el *maitake* todavía no se tiene producción consistente, sólo se tienen registradas pruebas a escala comercial en el 2005. Comparativamente, en 2004, el volumen de producción de hongos comestibles en el país es superior al de cacao (43,974 ton/año), equivalente al de ajo (47,917 ton/año), y un poco inferior al del chícharo (53,717 ton/año), del tomate cherry (54,592 ton/año), y de las hortalizas (62,487 ton/año), como puede apreciarse en la **Tabla 3** (SIACON, 2005). También es relevante la comparación con los equivalentes orgánicos de estos productos, tales como el café cereza orgánico (31,571 ton/año), ya que la importancia de la producción orgánica de hongos comestibles cultivados es cada día mayor, se desarrolla a un nivel más acelerado, y representa una importante ventaja competitiva del producto en el corto plazo. Sin embargo, esto sólo puede lograrse a través de certificaciones internacionales y del establecimiento de sistemas de control de calidad a nivel de producto, proceso, y sistema de producción. En el caso de los hongos comestibles silvestres, aunque no se cuenta con información estimada de los volúmenes totales de aprovechamiento a nivel nacional, se tienen datos sobre la recolección de 230.31 toneladas de *matsutake* (*Tricholoma magnivelare*) para exportación durante el período 1989-2000, cuyo valor económico superó los siete millones de dólares (Martínez-Carrera *et al.*, 2002)

Comercio interior

La mayor parte de la producción, comercialización y consumo de los hongos comestibles silvestres y cultivados se lleva a cabo en la región central de México. El sistema de mercado de los hongos comestibles está poco desarrollado (**Fig. 5**), considerando las actuales tendencias promovidas por la globalización hacia la especialización, diversificación empresarial, descentralización, integración, calidad e inocuidad alimentaria (Martínez-Carrera *et al.*, 2005). Existen canales de comercialización complejos y poco eficientes, caracterizados por intermediarios funcionales que carecen de organización, capacidad económica e infraestructura. A pesar de ello, los márgenes de comercialización (**Tabla 4**) son todavía competitivos en comparación con otros productos agrícolas registrándose un rango de 40-46.6% en los hongos comestibles cultivados, lo cual es razonable para los productores, mayoristas y minoristas. En el caso de los hongos comestibles silvestres, los márgenes de comercialización son muy variables y elevados con rango de 15-91.7%, lo cual implica operaciones comerciales injustas para el recolector en la mayoría de los casos y falta de motivación para continuar con la recolección, con la excepción de *Tricholoma magnivelare* que se recolecta para exportación (Martínez-Carrera *et al.*, 2002). El análisis integral del sistema de mercado indicó que la industria mexicana de hongos comestibles cultivados del sector privado ha evolucionado de un sistema monopólico (1949-1975) a un sistema oligopólico (1976-2005),

caracterizado por: 1) Un número reducido de empresas que ofrecen los mismos productos, o similares; 2) Empresas que tienen influencia importante en la generación de los precios; y 3) La difícil entrada de nuevas empresas al sistema. Asimismo, las empresas se han involucrado directamente en la distribución de hongos frescos y procesados, añadiendo utilidades de lugar, tiempo y forma a los productos (enfriado, selección, empacado, envasado, almacenaje, etiquetado, distribución, entrega). Existe la presencia de poder de mercado en el sistema, concentrado principalmente en: 1) La empresa Hongos de México, S.A., que genera el 45% de la producción comercial de champiñón; 2) La empresa Hongos Leben, S.A., que genera el 76% de la producción comercial de setas; y 3) La Central de Abastos, D.F., responsable de la comercialización de más o menos el 30% de la producción total de hongos comestibles cultivados. En lo que respecta a la calidad y el precio de los hongos comestibles, estas variables son afectadas de manera significativa a lo largo de año por: 1) Fluctuaciones en la producción y suministro; 2) Transporte y manejo ineficientes; y 3) El poder de mercado. Por ello, las variaciones anuales de precio (USD/kg) al consumidor se registran en el champiñón (\$ 1.04-5.17 dólares), las setas (\$ 2.07-6.68 dólares), y el *shiitake* (\$ 8.79-10.34 dólares), en función del lugar de compra, ciudad, región y la época del año (Mayett *et al.*, 2006). En general, el sistema de mercado de los hongos comestibles ha evolucionado de un proceso centralizado pequeño a una combinación de procesos centralizado y descentralizado de actividad limitada. Lo anterior ha conducido a una distorsión del mercado, en la cual las grandes empresas privadas asimilaron varias funciones de mercado apoyando el proceso de descentralización, pero que limitaron el desarrollo de nuevas empresas especializadas en comercialización, procesamiento y promoción del consumo. Estas empresas se caracterizan por tener infraestructura, organización y recursos financieros adecuados para desarrollar sus funciones (enfriado, selección, empacado, envasado, almacenaje, etiquetado, distribución, entrega, mercadotecnia). Por su parte, el sistema de mercado de los hongos comestibles silvestres es temporal y mucho más simple. Parte de los hongos recolectados se destinan para autoconsumo, mientras que el resto se selecciona y prepara para su comercialización local y regional, directamente al consumidor en comunidades aledañas o a través de intermediarios en las grandes ciudades. Especies seleccionadas son recolectadas por petición directa de compañías exportadoras, las cuales establecen condiciones de compra y pago. El caso de los productos de hongos es bastante reciente y tiene gran potencial, tanto para las especies cultivadas como para las silvestres. Representa un ejemplo interesante de agregación de valor a través del procesamiento de los hongos comestibles (micelio, cuerpo fructífero), para la elaboración de cápsulas, extractos, suplementos alimenticios, jarabes, licores, y cremas, cuyo valor en el mercado de venta directa al consumidor ya oscila entre MN \$ 60.00-360.00 pesos (USD \$ 5.56-33.36 dólares).

Consumo

Se cuenta con importante información de mercado del centro de México. De acuerdo con las investigaciones llevadas a cabo por el COLPOS (Mayett, 2004; Mayett *et al.*, 2004, 2006; Martínez-Carrera *et al.*, 2005) y realizadas por primera vez en el país, el 49.4% de los consumidores urbanos compra hongos comestibles, independientemente de su nivel social. Sólo el 3.2% de los consumidores de hongos comestibles manifestó comprar especies silvestres. Con estos datos, incluyendo la oferta total estimada de hongos comestibles (producción nacional disponible + importaciones) puede estimarse un consumo *per capita* de 0.562 kg de hongos comestibles por año en el 2004, considerando la población total del país. Si sólo se toma en cuenta la población consumidora de hongos comestibles, el consumo *per capita* anual se eleva a 1.138 kg para el mismo año. En el 2001, los hogares mexicanos gastaron alrededor de USD \$ 58,553,378.4 de dólares trimestralmente en hongos comestibles, cifra elevada comparable al gasto que realizan en chile serrano (USD \$ 55,208,488), aguacate (USD \$ 55,907,142) e incluso el nopal (USD \$ 71,933,022). Aunque el *shiitake* es el hongo comestible que proporcionalmente tiene todavía menor consumo en el país, su precio (USD/kg) promedio al consumidor es el más alto en el mercado (\$ 8.79-10.34 dólares). Esto debido a su reciente incorporación en el mercado nacional y escasa oferta en comparación con los champiñones (*Agaricus*, \$ 1.04-5.17 dólares) y las setas (*Pleurotus*, \$ 2.07-6.68 dólares). Aunque predominan los hongos frescos dentro de las preferencias, es importante resaltar que existe una fuerte tendencia en las preferencias de los consumidores mexicanos (40.3%) por nuevos productos, tales como hongos comestibles cocinados, congelados, secos, entre otros (envasados, botanas, precocidos, rebanados, desinfectados). Datos recientes del Consejo Nacional Agropecuario (CNA) indicaron que el consumo de alimentos procesados importados en México creció 12% en el período 2003-2004. En este contexto, es relevante que México desarrolle estrategias de mercado orientadas a satisfacer la creciente demanda interna. Este amplio potencial nacional puede aprovecharse con estrategias que desarrollen nuevos productos y segmentos del

mercado, e incorporen a consumidores potenciales resaltando las propiedades nutricionales y medicinales de los hongos comestibles. Por ejemplo, existe una creciente demanda de hongos comestibles en el mercado de los productos orgánicos y de consumidores vegetarianos, quienes lo perciben como un excelente producto sustituto de la carne. Asimismo, es posible desencadenar el consumo en aquel sector de consumidores urbanos que actualmente no compra hongos comestibles y que representa el 50.6% de la población urbana del país.

Comercio exterior

Las fracciones arancelarias de exportaciones e importaciones que se registran no hacen la distinción entre hongos comestibles silvestres y cultivados, razón por la cual no puede hacerse un análisis específico de cada grupo. A pesar de esto, la globalización, a través de la apertura total del sector agropecuario dentro del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), a partir del 2003, así como el resto de los tratados comerciales establecidos por el país con otras regiones del mundo, ha beneficiado y brindado nuevas oportunidades de desarrollo para la producción comercial de hongos comestibles por parte de los sectores social y privado. Sin embargo, también impone nuevos retos y desafíos, tales como el incremento substancial de las importaciones y prácticas desleales de comercio (*dumping*). Por ejemplo, a partir de 1994, se ha observado un incremento irregular de las exportaciones, ya que alcanzaron 1,602.1 ton en el 2000, pero disminuyeron a sólo 351.5 ton en el 2001 y 1,535.5 ton en el 2004. Los volúmenes de exportación generan divisas por más de 3.7 millones de dólares anuales. En cambio, la dinámica de las importaciones, principalmente de hongos procesados (93.4%), ha sido constante, pasando de 640.4 ton en 1996, a 8,888.2 ton en el 2004 (Figs. 6-7) con un valor económico superior a los 9 millones de dólares. Este nivel de importaciones, el más alto en la historia del país, obligó a la industria mexicana a solicitar (enero 19, 2005) una investigación *antidumping* respecto de las importaciones de champiñones originarias de las Repúblicas de Chile y Popular China, mercancía clasificada en la fracción arancelaria 2003.10.01-Hongos del género *Agaricus*, de la Tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación (TIGIE). La resolución preliminar (noviembre 18, 2005) fue favorable y se impusieron cuotas compensatorias provisionales a las importaciones mencionadas, independientemente del país de procedencia, en los siguientes términos: 1) De USD \$ 1.20 dólares por Kg neto a las importaciones originarias de Chile; y 2) De USD \$ 1.32 dólares por Kg neto a las importaciones originarias de China. Las cuotas compensatorias impuestas se aplicarán sobre el valor en aduana declarado en el pedimento de importación correspondiente. Sin embargo, el hecho importante es que los costos de producción de hongos comestibles en México están empezando a ser poco competitivos en el contexto global y de que, al mismo tiempo, su precio al consumidor tiene una notoria tendencia a la baja, lo cual representa una grave amenaza de largo plazo para la industria nacional (Martínez-Carrera, 2002b; Mayett *et al.*, 2006). En general, la balanza comercial mexicana ha sido deficitaria durante los últimos diez años (1993-2004). Por si esto fuera poco, los mercados globales demandan cada vez mayor competitividad en calidad del producto, precios, comercialización e, incluso, capacidad de la industria nacional para resistir factores económicos externos adversos. En el contexto de cadenas de valor a nivel global, es pertinente que México desarrolle estrategias de mercado orientadas a incursionar en los mercados internacionales con hongos comestibles, frescos y procesados, de altos estándares de calidad y certificados como producto orgánico. El potencial de exportación a E.U.A., Canadá, y Sudamérica en el corto plazo es considerable.

LOS GRANDES RETOS EN EL SIGLO XXI

Hacia una integración inter-sectorial

México cuenta con una posición geográfica estratégica, un SPC-HC (*i.e.*, cadena producción-consumo, cadena productiva, cadena agroalimentaria, Sistema-producto) en pleno desarrollo, un mercado doméstico en expansión desde 1950, y ventajas comparativas [materias primas abundantes, climas adecuados, mano de obra, Tratados de Libre Comercio con las principales regiones del mundo] que le permiten estar en posibilidades de mantener un sólido liderazgo regional en este sector a nivel latinoamericano (Martínez-Carrera, 2000, 2002b). Asimismo, nuestro país puede incursionar en el mercado internacional de hongos comestibles y sus productos metabólicos de importancia industrial, ocupando una posición central. Sin embargo, para consolidar este liderazgo con un SPC-HC tecnológicamente innovador y competitivo se requiere una mayor integración y vinculación de todos los sectores involucrados: académico, público, privado, y social. Ningún sector aislado está en posibilidades

reales de enfrentar los grandes retos de la globalización. Esta vinculación estratégica permitiría aprovechar y manejar la enorme diversidad biológica, ecológica, y cultural del país, así como desarrollar investigaciones estratégicas con el apoyo que ofrecen la biotecnología aplicada y la biotecnología moderna de los hongos comestibles. Mucho se ha avanzado desde el primer encuentro de los sectores académico, privado y social que se llevó a cabo en mayo 28, 1992, en México, D. F., el cual fue estimulado por la inminente entrada en vigor del TLCAN con E.U.A. y Canadá (Martínez-Carrera *et al.*, 2000). Esfuerzos adicionales de análisis y reflexión se realizaron durante la Primera Reunión Nacional sobre Investigación Básica y Aplicada para Fortalecer la Producción Rural y Comercial de Hongos Comestibles en México, llevada a cabo en junio 27, 1999, en Puebla, Puebla. En esta reunión, financiada por el CONACYT, participaron las principales instituciones, empresas, y organizaciones sociales directa o indirectamente relacionadas con la biotecnología aplicada de hongos comestibles. Por ello es bienvenido el establecimiento de una Red Nacional para el Desarrollo Científico y Tecnológico de la Producción de Hongos Comestibles, derivada de este encuentro sobre el cultivo de *Pleurotus* en México, en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas (diciembre 1-2, 2005).

El fortalecimiento de la vinculación inter-sectorial, en términos de complementación de infraestructura, recursos humanos, acciones estratégicas y financiamiento, permitiría avanzar más rápidamente para: 1) Promover investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas; 2) La formación de recursos humanos de alto nivel; 3) Desarrollar una red de grupos de investigación; 4) Establecer una red de productores, consultores, y proveedores de servicios; 5) Promover el consumo de hongos comestibles (ferias, eventos, publicaciones); 6) Generar estadísticas confiables; 7) Gestionar la integración de los hongos comestibles dentro de las políticas públicas; 8) Impulsar la innovación tecnológica y el control de calidad en el sector; 9) Implementar estrategias de mercadotecnia en campañas nacionales; 10) Distribuir información científica y tecnológica; y 11) Intercambiar información y tecnologías con organizaciones de otros países. Estas acciones permitirían superar, en el corto plazo, las actuales limitaciones que impiden un mayor desarrollo del SPC-HC a nivel regional y nacional, diseñando estrategias que favorezcan su sostenibilidad y consoliden su posición dentro de las cadenas de valor internacionales.

REFERENCIAS

- Aguilar, A., D. Martínez-Carrera, A. Macías, M. Sánchez, L. I. de Bauer y A. Martínez. 2002. Fundamental trends in rural mushroom cultivation in Mexico and their significance for rural development. In: *Proceed. IV International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products*. World Society for Mushroom Biology and Mushroom Products, Mexico. 421-431.
- Coutiño, F., L. Jiménez, J. E. Sánchez y D. J. Royse. 2004. *Digitaria decumbens* grass substrate prepared by alkaline immersion for culture of *Pleurotus* spp. *Mushroom Science* 16: 267-271.
- Chang, S. T. 1999. Global impact of edible and medicinal mushrooms on human welfare in the 21st century: nongreen revolution. *Int. Journal of Medicinal Mushrooms* 1: 1-7.
- Chang, S. T. y P. G. Miles. 2004. *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, environmental impact*. CRC Press, Boca Raton.
- De Román, M., E. Boa. 2004. Collection, marketing and cultivation of edible fungi in Spain. *Micol. Apl. Int.* 16: 25-33.
- Galindo, C. 2002. *Micetismos, recopilación y síntesis bibliográfica*. Gobierno del Estado, Puebla.
- González, N. 2005. Molecular characterization of wild and commercial strains of shiitake (*Lentinula* spp.) cultivated in Mexico, and their potential for genetic improvement. Tesis Profesional. Universidad de las Américas, Escuela de Ciencias, Puebla.
- Honda, Y., T. Matsuyama, T. Irie, T. Watanabe, M. Kuwahara. 2000. Carboxin resistance transformation of the homobasidiomycete fungus *Pleurotus ostreatus*. *Curr. Genet.* 37: 209-212.
- Kues, U., Y. Liu. 2000. Fruiting body production in basidiomycetes. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 54: 141-152.
- Martínez-Carrera, D. 1998. Oyster mushrooms. Pp. 242-245. *McGraw-Hill Yearbook of Science & Technology* 1999. McGraw-Hill, Inc., Nueva York.
- Martínez-Carrera, D. 2000. Mushroom biotechnology in tropical America. *Int. J. of Mushroom Sciences* 3: 9-20.
- Martínez-Carrera, D. 2002a. Mushroom. *McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology*, 9th Edition. McGraw-Hill, Inc., Nueva York.
- Martínez-Carrera, D. 2002b. Current development of mushroom biotechnology in Latin America. *Micol. Apl. Int.* 14: 61-74.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra. 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. *Ciencia y Desarrollo* (CONACYT) 95: 53-64.
- Martínez-Carrera, D., A. Aguilar, W. Martínez, P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla, A. Larqué-Saavedra. 1998a. A sustainable model for rural production of edible mushrooms in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl.* 11: 77-96.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué, M. Aliphat, A. Aguilar, M. Bonilla, W. Martínez. 2000. La biotecnología de hongos

- comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. In: *Memorias II Foro Nacional sobre Seguridad y Soberanía Alimentaria*. Academia Mexicana de Ciencias-CONACYT, México. 193-207.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra, P. Morales, M. Sobal, W. Martínez, A. Aguilar. 1993. Los hongos comestibles en México: biotecnología de su reproducción. *Ciencia y Desarrollo* (CONACYT) 108: 41-49.
- Martínez-Carrera, D., D. Nava, M. Sobal, M. Bonilla, Y. Mayett. 2005. Marketing channels for wild and cultivated edible mushrooms in developing countries: the case of Mexico. *Micol. Apl. Int.* 17: 9-20.
- Martínez-Carrera, D., F. Vergara, S. Juárez, A. Aguilar, M. Sobal, W. Martínez. 1996. Simple technology for canning cultivated edible mushrooms in rural conditions in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl.* 9: 15-27.
- Martínez-Carrera, D., M. Bonilla, M. Sobal, A. Aguilar, W. Martínez, A. Larqué-Saavedra. 1999. A culture collection of edible mushrooms and its significance for germplasm preservation, breeding, and the development of mushroom cultivation in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl.* 12: 23-40.
- Martínez-Carrera, D., M. Sobal, A. Aguilar, M. Navarro, M. Bonilla, A. Larqué-Saavedra. 1998b. Canning technology as an alternative for management and conservation of wild edible mushrooms in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl.* 11: 35-51.
- Martínez-Carrera, D., M. Sobal, P. Morales, W. Martínez, M. Martínez y Y. Mayett. 2004. *Los hongos comestibles: propiedades nutricionales, medicinales, y su contribución a la alimentación mexicana*. COLPOS-BUAP-UPAEP-IMINAP, Puebla.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales, E. Pellicer-González, H. León, A. Aguilar, P. Ramírez, P. Ortega, A. Largo, M. Bonilla, M. Gómez. 2002. Studies on the traditional management, and processing of matsutake mushrooms in Oaxaca, Mexico. *Micol. Apl. Int.* 14: 25-42.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales, M. Sobal, A. Larqué-Saavedra. 1992. Reconversión en la industria de los hongos? *TecnoIndustria* (CONACYT) 7: 52-59.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales, M. Sobal, S. T. Chang, A. Larqué-Saavedra. 1991a. Edible mushroom cultivation for rural development in tropical America. *Mushroom Science* 13: 805-811.
- Martínez-Carrera, D., R. Leben, P. Morales, M. Sobal, A. Larqué-Saavedra. 1991b. Historia del cultivo comercial de los hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo* (CONACYT) 96: 33-43.
- Martínez-Soto, G., O. Paredes-López, R. Ocaña-Camacho, M. Bautista-Justo. 1998. Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) quality as affected by modified atmosphere packaging. *Micol. Neotrop. Apl.* 11: 53-67.
- Mata, G., D. Salmones. 2003. Edible mushroom cultivation at the Institute of Ecology in Mexico. *Micol. Apl. Int.* 15: 23-29.
- Mayett, Y. 2004. Estrategia para incrementar el consumo de hongos comestibles en México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Puebla.
- Mayett, Y., D. Martínez-Carrera, M. Sánchez, A. Macías, S. Mora y A. Estrada. 2004. Consumption of edible mushrooms in developing countries: the case of Mexico. *Mushroom Science* 16: 687-696.
- 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.
- Mikosch, T. S. P., B. Lavrijssen, A. S. M. Sonnenberg, L. J. L. D. van Griensven. 2000. *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of *Agaricus bisporus*. *Mushroom Science* 15: 173-179.
- Morales, P., C. F. Thurston. 2003. Efficient isolation of genes differentially expressed on cellulose by suppression subtractive hybridization in *Agaricus bisporus*. *Mycological Research* 107: 401-407.
- Morales, P., M. Sobal, W. Martínez, A. Larqué-Saavedra, D. Martínez-Carrera. 1995. La cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus*, híbrido comercial seleccionado por mejoramiento genético en México. *Micol. Neotrop. Apl.* 8: 77-81.
- Pellicer-González, E., D. Martínez-Carrera, M. Sánchez, M. Aliphat y A. Estrada. 2002. Rural management and marketing of wild edible mushrooms in Mexico. In: Proceed. IV International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. World Society for Mushroom Biology and Mushroom Products, Mexico. 433-443.
- Porter, M. E. 1990. *The competitive advantage of nations*. The Free Press, Nueva York.
- Ramírez-Carrillo, R., H. Leal-Lara, G. Eger-Hummel. 1991. Genetic control of cellulose degradation by *Pleurotus ostreatus*. *Mushroom Science* 13: 11-15.
- Sánchez-Vázquez, J. E. 2005. El cultivo de *Pleurotus* en México. I Reunión Nacional sobre el Cultivo de *Pleurotus* (resúmenes). ECOSUR-SMM-IE-SEPI, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.
- Sánchez-Vázquez, J. E., G. Huerta-Palacios, L. A. Calvo-Bado. 1995. Potential of *Auricularia* sp. in the recycling of agroindustrial waste products in the tropics. *Mushroom Science* 14: 877-883.
- Sato, T., K. Yaegashi, S. Ishii, T. Hirano, S. Kajiwara, K. Shishido, H. Enei. 1998. Transformation of the edible basidiomycete *Lentinus edodes* by restriction enzyme-mediated integration of plasmid DNA. *Biosci. Biotech. Biochem.* 62: 2646-2650.
- SIACON. 2005. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comanuar.html.
- SIAP. 2005. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comargcomer.html
- Sturgeon, T. J. 2001. How do we define value chains and production networks? *IDS Bulletin* 32: 1-10.
- Watling, R. 1997. The business of fructification. *Nature* 385: 299-300.

Tabla 1. Etapas históricas fundamentales de la biotecnología aplicada y moderna de los hongos comestibles en México.

Biotecnología	Procesos	Año	Lugar	Sectores involucrados	R
Aplicada	Producción de inóculo, “semilla”	1954	Primer laboratorio, Cuajimalpa, D. F.	Privado: “Hongos de México, S.A.”	1
		1974	Segundo laboratorio, Guadalupe Victoria, México	Privado: “Hongos Leben, S.A.”	1
		1992	Primer laboratorio rural, Cuetzalan, Puebla	Académico-Social: CP-Cooperativa indígena ^a	2,3
		1994	Desarrollo de microempresas en la región central del país	Privado y Social	
		1994	Establecimiento de la industria transnacional	Privado: Industria transnacional (<i>Amycel, Sylvan</i>)	4,5
Producción de hongos	Producción de hongos	1933	Primeros ensayos, Texcoco, México	Privado	1
		1939	Primeras plantas productoras, D.F.	Privado	1
		1949	Establecimiento de la empresa “Hongos de México, S.A.”, Cuajimalpa, D.F.	Privado	1
		1975	Establecimiento de la empresa “Hongos Leben, S.A.”, Guadalupe Victoria, México	Privado	1
		1989	Establecimiento de la producción rural de hongos, Cuetzalan, Puebla	Académico-Social: CP-Cooperativa indígena ^a	2,3, 6
Procesamiento de hongos	Procesamiento de hongos	1947	Salmuera doméstica de hongos, Azcapotzalco, D.F.	Privado	1
		1955	Primeros enlatados de hongos, Cuajimalpa, D.F.	Privado: “Monteblanco, S.A.”	1
		1972	Enlatado comercial de hongos a gran escala, Cuajimalpa, D.F.	Privado: “Monteblanco, S.A.”	1
		1996	Envasado rural de hongos, Cuetzalan, Puebla	Académico-Social: CP-Cooperativa indígena ^a	5,7, 8
	Productos de hongos	2005	Elaboración de cápsulas, extractos, suplementos alimenticios, jarabes, licores, y cremas. Veracruz y Michoacán	Privado: “Laboratorios Fungi Cap, S.A.” y “Garcifer, S.A.”	
Moderna	Conservación del germoplasma nativo	2003	Establecimiento del Centro sobre Recursos Genéticos de Hongos Comestibles	Académico: CP, <i>Campus Puebla</i> ^b	5,9
	Caracterización del germoplasma nativo y mejoramiento genético	2003	Diversidad genética y mejoramiento genético mediante el uso de marcadores moleculares y caracterización de genes	Académico: CP, <i>Campus Puebla</i> ^b	10, 11

CP= Colegio de Postgraduados.

R= Referencias. 1: Martínez-Carrera *et al.*, 1991b. 2: Martínez-Carrera *et al.*, 1991a, 1993. 3: Martínez-Carrera *et al.*, 1998a. 4: Martínez-Carrera, 2000. 5: Martínez-Carrera, 2002b. 6: Martínez-Carrera y Larqué-Saavedra, 1990. 7: Martínez-Carrera *et al.*, 1996. 8: Martínez-Carrera *et al.*, 1998b. 9: Martínez-Carrera *et al.*, 1999. 10: Morales y Thurston, 2003. 11: González, 2005.

^a CP, *Campus Puebla*, en colaboración con la Sociedad Cooperativa Agropecuaria “Tosepan Titataniske”.

^b Financiamiento del CONACYT, a través de los proyectos: 1) 28985-B (1999-2000); 2) 0062 (1999); 3) 36085-B (2001-2004); y 4) I 39163-B (2001-2003). También los siguientes apoyos complementarios: 1) International Foundation for Science (IFS E/1743-1, 1989-1990); y 2) Ingresos propios del Área de Investigación sobre Biotecnología de Hongos Comestibles, CP, *Campus Puebla* (1996-2005).

Tabla 2. Producción anual estimada de hongos comestibles cultivados comercialmente en México, incluyendo volúmenes y proporciones de producción para el 2005.

Nombre científico	Nombre comercial	Producción nacional	
		Volumen (Toneladas)	Proporción (%)
<i>Agaricus bisporus</i> (J.E. Lange) Pilát	Champiñones	45,260	95.35
	Champiñón blanco	44,931.5	99.27
	Champiñón café	328.5	0.73
<i>Pleurotus</i> spp.	Setas (blanca, gris, café)	2,190	4.62
<i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler	<i>Shiitake</i>	18.2	0.038
<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	<i>Reishi</i>	PC	-
<i>Grifola frondosa</i> (Dicks.) Gray	<i>Maitake</i>	PC	-
Total		47,468.2	100

PC= Nivel de pruebas a escala comercial.

Tabla 3. Importancia comparativa de los hongos comestibles cultivados en México, en relación con los volúmenes de producción (toneladas) de algunos productos agrícolas, convencionales y orgánicos, durante el período 1995-2004, de acuerdo con las estadísticas de SIACON (2005), SAGARPA.

Producto	Año		
	1995	2001	2004
Hortalizas	59,183	83,527.11	62,487.34
Hortalizas (orgánico)	-	113.87	7.5
Tomate cherry	5,761	28,589.05	54,592.17
Tomate cherry (orgánico)	-	4,487.93	683.5
Tomate rojo (jitomate orgánico)	-	-	3,800
Chícharo	39,894	48,014.78	53,717.33
Chícharo (orgánico)	-	385.17	336.25
Ajo	43,761	55,558.80	47,917.57
Ajo (orgánico)	-	206.75	106.99
Hongos comestibles cultivados	27,825	38,708	47,468
Cacao	49,425	46,737.65	43,974.52
Café cereza	1,725,960	1,645,821.86	1,665,406.18
Café cereza (orgánico)	-	-	31,571.36

Tabla 4. Márgenes de comercialización de los hongos comestibles silvestres y cultivados en México (Martínez-Carrera *et al.*, 2002, 2005), en comparación con aquellos de otros productos agropecuarios y pesqueros registrados en el SIAP (2005, septiembre).

Producto	Origen	Precio promedio al productor MN/Kg (USD/Kg)	Precio promedio al mayoreo MN/Kg (USD/Kg)	Precio promedio al consumidor MN/Kg (USD/Kg)	Participación del productor en el precio final (%)
<u>Aguacate hass</u>	Michoacán	11.00 (1.01)	13.67 (1.26)	23.78 (2.20)	46
<u>Chile poblano</u>	Guanajuato	4.07 (0.37)	9.58 (0.88)	13.58 (1.25)	30
<u>Frijol claro</u>	Guanajuato	5.10 (0.47)	10.00 (0.92)	14.45 (1.33)	35
Hongos comestibles cultivados: Canal con intermediarios Venta directa productor-minorista	Región central	12.00 (1.25) 43.00 (3.97)	22.00 (2.29) -	22.50 (2.34) 72.00 (6.65)	53.4-59.7
Hongos comestibles silvestres: <i>Tricholoma magnivelare</i> <i>Helvella spp.</i> <i>Lactarius scrobiculatus</i>	Región central	532.5 (49.36) 5.00 (0.52) 30.00 (3.12)	- - -	- (100-1,250) ^a 60.00 (6.25) 35.00 (3.64)	8.3-85
<u>Limón mexicano</u>	Michoacán	1.85 (0.17)	2.92 (0.27)	6.97 (0.64)	27
<u>Mango manila</u>	Guerrero	4.06 (0.37)	5.50 (0.50)	16.68 (1.54)	24
<u>Naranja</u>	Veracruz	2.10 (0.19)	3.53 (0.32)	5.85 (0.54)	36
<u>Papa alpha</u>	México	7.93 (0.73)	9.08 (0.84)	14.78 (1.36)	54
<u>Papaya maradol</u>	Chiapas	2.70 (0.25)	7.97 (0.73)	12.41 (1.15)	22
<u>Plátano tabasco</u>	Tabasco	1.06 (0.098)	2.83 (0.26)	6.52 (0.60)	16
<u>Tomate verde</u>	Guanajuato	3.50 (0.32)	5.88 (0.54)	11.94 (1.10)	29
<u>Zanahoria</u>	Guanajuato	1.07 (0.099)	3.92 (0.36)	8.90 (0.82)	12
<u>Leche de bovino (Litro)</u>	Región lagunera	3.73 (0.34)	4.50 (0.41)	8.46 (0.78)	44
<u>Carne en pie de bovino</u>	Veracruz	21.75 (2.01)	32.25 (2.98)	56.93 (5.27)	38
<u>Carne en pie de porcino</u>	Guanajuato	14.90 (1.38)	26.00 (2.40)	44.86 (4.15)	33
<u>Carne en canal de ave</u>	Guanajuato	19.38 (1.79)	28.26 (2.61)	32.46 (3.00)	60
<u>Huevo para plato</u>	Jalisco	7.33 (0.67)	9.01 (0.83)	11.32 (1.04)	65
<u>Robalo</u>	Tabasco	51.13 (4.73)	82.63 (7.65)	114.83 (10.64)	45

^a Rango de precio al consumidor de *T. magnivelare* exportado al mercado internacional (Japón). El margen de comercialización de esta especie, 49.3%, se estimó con base en un precio de venta de temporada alta de USD \$ 100.00.

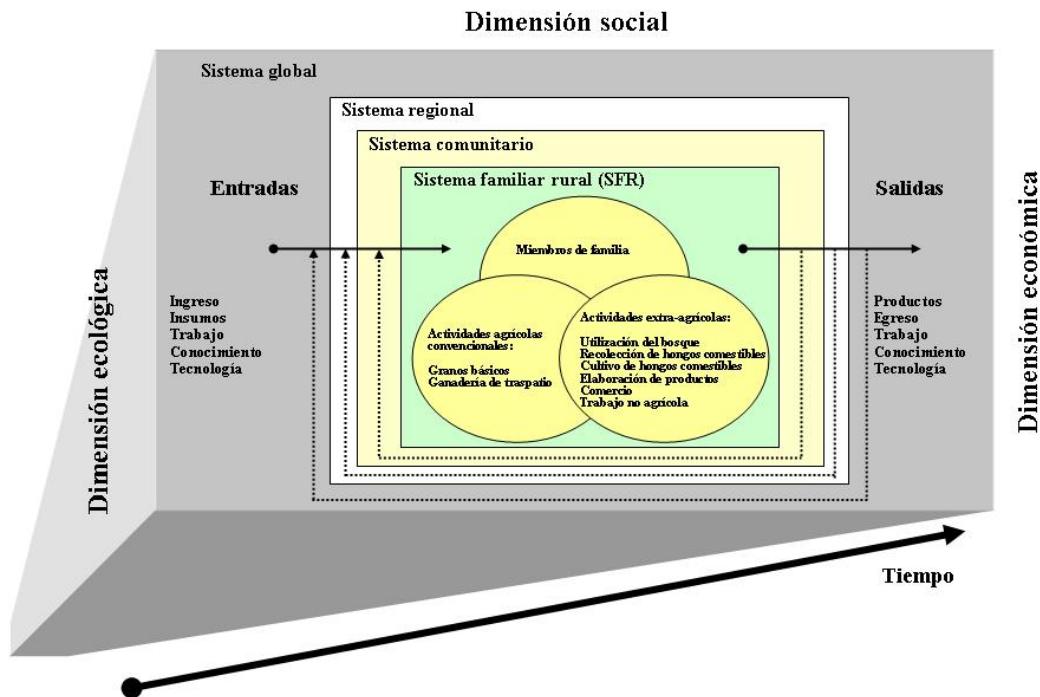


Fig. 1. Modelo del Sistema Familiar Rural (SFR) desarrollado para investigar los patrones y las tendencias del aprovechamiento y consumo de los hongos comestibles silvestres y cultivados por parte del sector social en las zonas rurales de México, así como su incorporación a las cadenas de valor.

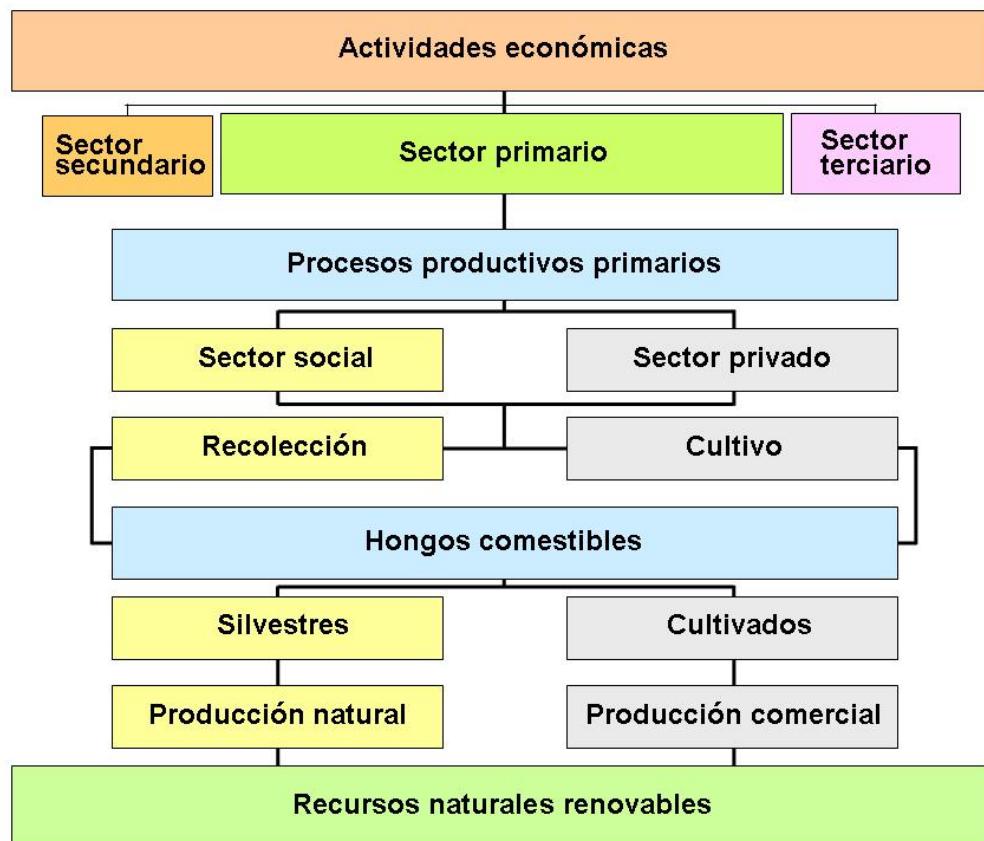


Fig. 2. Ubicación del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles silvestres y cultivados (SPC-HC) dentro de las actividades socioeconómicas que se realizan en México, y que se consideran dentro de los sistemas de información gubernamental para definir las políticas públicas, estrategias, programas, apoyos y servicios estratégicos para el sector.



A

Destinos en México: De la serranía chihuahuense
Chihuahua realiza año tras año esta original y “comestible” “Feria del Hongo” a la que asisten todos los habitantes de San Juanito, en Boyacóna. Uno de los principales atractivos del evento es la Exposición Gastronómica, donde la gente puede conocer la gran variedad de hongos que crecen en la Sierra de Boyacóna. Este año la “Feria del Hongo” espera alrededor de 2,400 visitantes, quienes tendrán la oportunidad de conocer más de 70 variedades de hongos comestibles de la Sierra Tarahumara.

Fuente: www.visitmexicoprensa.com.mx

B

Foto inferior: Alberto Mora, Chihuahua, México.



C

Fig. 3. “Ferias de los Hongos”, interesante iniciativa social, en distintas partes del país. A: Exposición y venta de hongos comestibles silvestres y cultivados, frescos y procesados, en Senguio, Michoacán. B: Información disponible en el *internet* sobre la feria de San Juanito, Chihuahua. C: Llegada de turistas y visitantes, cocinado, exposición y venta de hongos comestibles silvestres frescos y deshidratados en San Antonio Cuajimoloyas, Oaxaca.

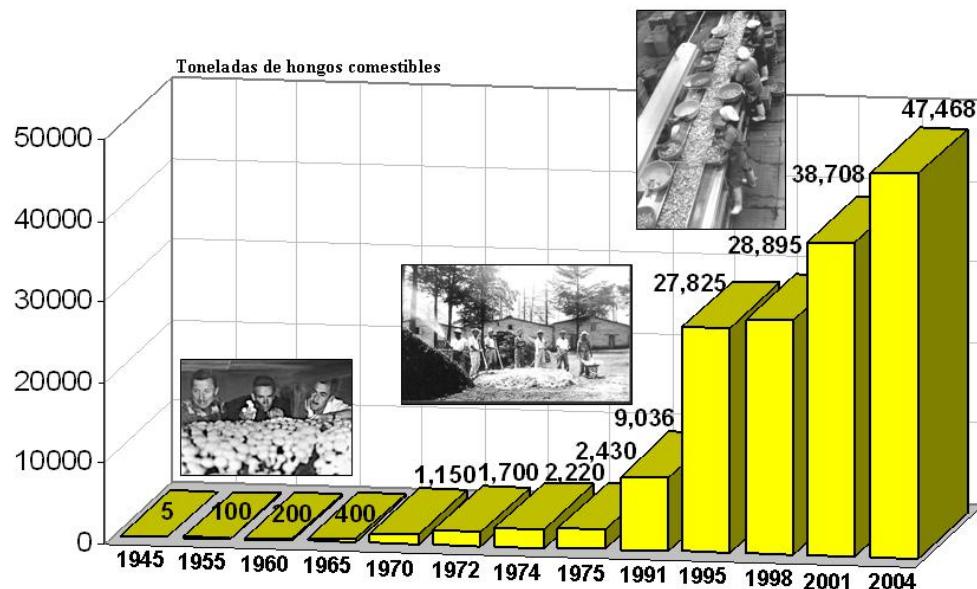


Fig. 4. Evolución histórica y tendencias de la producción comercial estimada de hongos comestibles cultivados en México, durante el período 1945-2004 (Martínez-Carrera *et al.*, 1991b; Martínez-Carrera, 2000, 2002b).

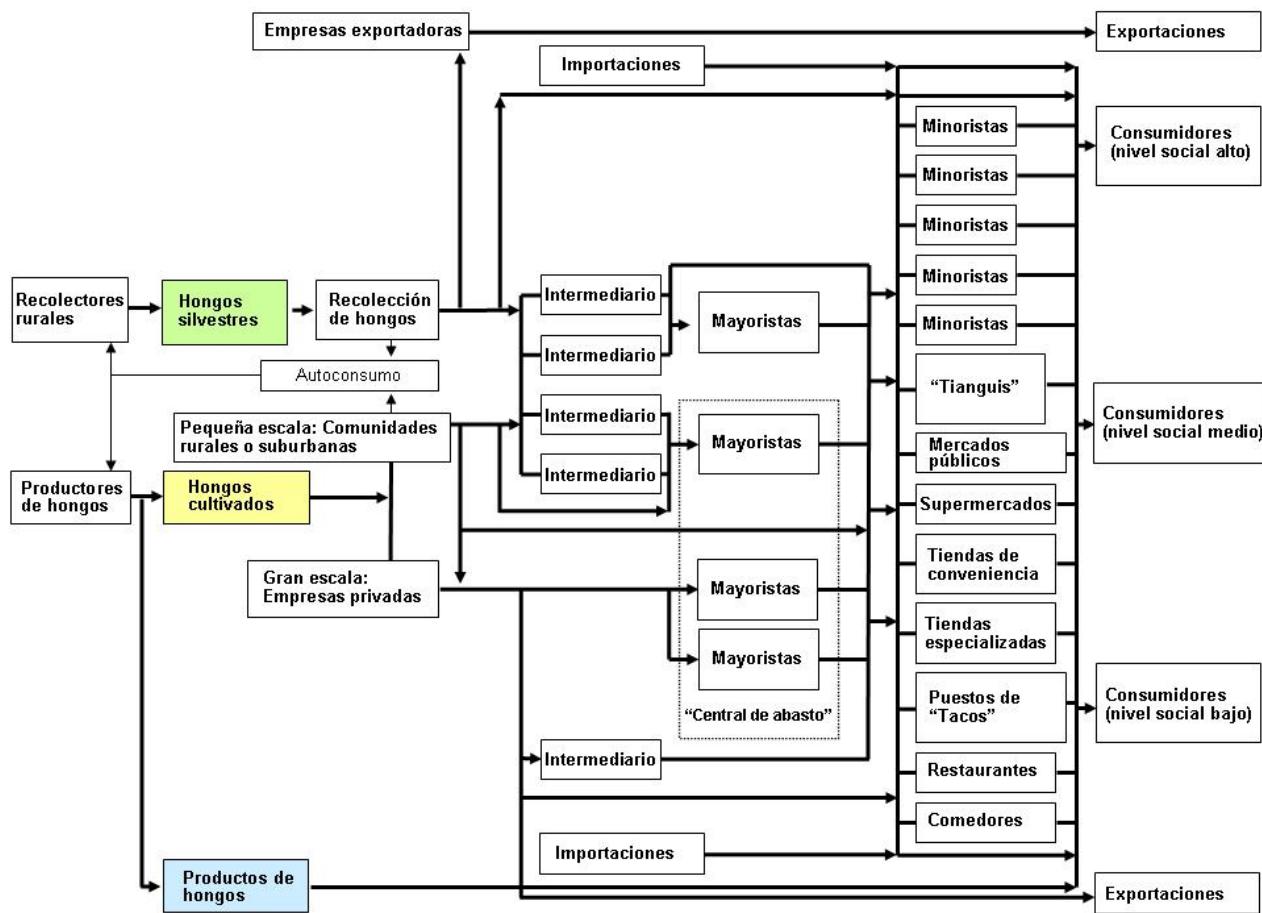
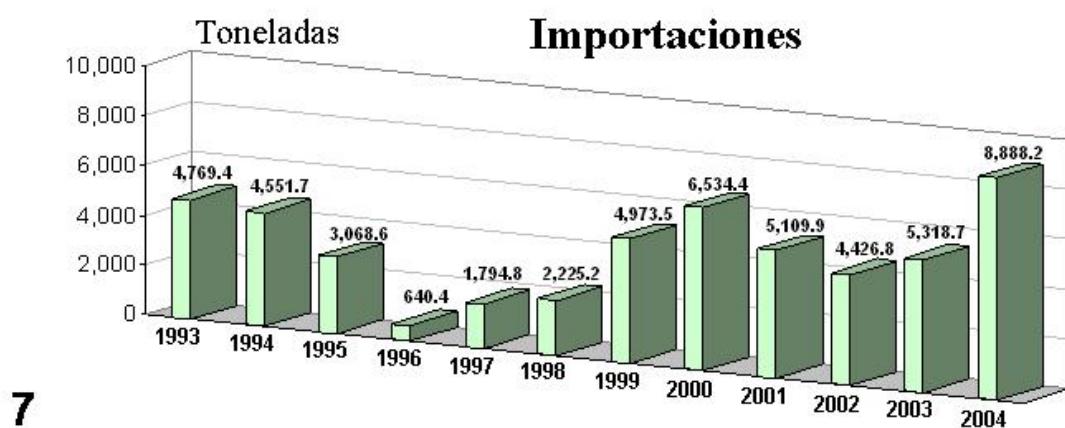


Fig. 5. Principales canales de comercialización identificados en el sistema de mercado de los hongos comestibles, silvestres y cultivados, en México (Martínez-Carrera *et al.*, 2002, 2005; Mayett *et al.*, 2006).



Figs. 6-7. Comercio exterior de hongos comestibles frescos y procesados en México durante el período 1993-2004. 6: Exportaciones. 7: Importaciones. Versión ampliada y revisada de aquella presentada por Martínez-Carrera (2002b) y Martínez-Carrera *et al.* (2000).