

## **El Centro de Vinculación con el Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles (CVINHCO) del Colegio de Postgraduados<sup>1</sup>**

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

Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, *Campus* Puebla, Biotecnología de Hongos Comestibles, Puebla 72001, Puebla, México. Correos electrónicos: [pmorales@colpos.mx](mailto:pmorales@colpos.mx), [dcarrera@colpos.mx](mailto:dcarrera@colpos.mx)

### **RESUMEN**

A diferencia de las actividades agrícolas, ganaderas, y forestales que llevan siglos de practicarse en México, el Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles (SPC-HC) tiene alrededor de 70 años de desarrollo relativamente consistente. Sin embargo, la desarticulación de la política pública en apoyo del sector primario es una de las causas principales de su débil crecimiento, así como de la incapacidad nacional para promover sistemas emergentes de producción-consumo con gran potencial en las nuevas condiciones socioeconómicas internacionales. Es paradójico que, aunque existen experiencias exitosas de producción comercial de hongos comestibles y una gran demanda por el producto a nivel nacional e internacional, se carece de financiamiento estratégico para lograr un mayor desarrollo. En este contexto, se describe la experiencia generada por la Institución, a través de un modelo eficiente de vinculación y retroalimentación entre los Centros Públicos de Investigación y el Sector Productivo (*e.g.*, SPC-HC), adaptado a las condiciones del país y basado en un diagnóstico constante de las necesidades de los productores, recolectores y consumidores de hongos comestibles. En el CVINHCO se han proporcionado apoyos estratégicos integrales al SPC-HC en nueve Estados y 96 Municipios de la región central del país. La mayoría de los apoyos se proporcionan *in situ* y, entre otras actividades, se han distribuido más de 33,000 kg de “semilla” durante 1996-2005 y se han apoyado más de 800 productores de hongos comestibles de la región. Los ingresos generados por estas actividades de vinculación se destinan al apoyo de investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas, jerarquizadas en función de las necesidades del SPC-HC. Es indispensable incorporar al SPC-HC dentro de los programas de apoyo de las políticas públicas, lo cual permita financiar un mayor nivel de investigación, de transferencia de innovaciones tecnológicas, y de vinculación academia-empresa y academia-sector social (comunidades rurales). Esto puede convertir a México en un importante productor y exportador de hongos comestibles.

Palabras clave: Hongos comestibles, sistema de producción-consumo, vinculación academia-sector productivo.

### **INTRODUCCIÓN**

La situación actual del sector agropecuario y forestal mexicano es dramática y representa una grave amenaza para la seguridad y soberanía alimentaria del país. Durante los últimos 30 años, han sido evidentes las limitantes en cuanto a inversión en infraestructura, investigación, transferencia de tecnología, y financiamiento de las actividades primarias. Esta situación ha favorecido, entre otras cosas, un incremento notable de las importaciones del sector agroalimentario, así como un aumento considerable del fenómeno migratorio en las zonas rurales del país (SAGARPA, 2003; Gómez y Schwentesius, 2003).

Por otro lado, el sistema de producción-consumo de los hongos comestibles (SPC-HC) se ha desarrollado gradualmente adquiriendo mayor importancia social, económica y ecológica en México, aunque su crecimiento ha sido bastante limitado (Martínez-Carrera *et al.*, 2006). La desarticulación de la política pública en apoyo del sector primario es una de las causas principales de este débil crecimiento, así como de la incapacidad nacional para promover sistemas emergentes de producción con gran potencial en las nuevas condiciones socioeconómicas internacionales. Es notorio que aunque existen experiencias exitosas de producción comercial de hongos comestibles y una gran demanda por el producto a nivel nacional e internacional, se carece de financiamiento estratégico para la investigación, la transferencia de innovaciones tecnológicas, la vinculación academia-empresa y academia-sector social (comunidades rurales), los proyectos productivos y la asistencia

<sup>1</sup> Financiado por el Plan Rector de Investigación del Colegio de Postgraduados, Línea de Investigación sobre Biotecnología Microbiana, Vegetal y Animal.

técnica (Martínez-Carrera *et al.*, 2002, 2006). Cada uno de estos aspectos es fundamental para la expansión del SPC-HC.

La experiencia de otros países es sin duda útil como punto de referencia para fortalecer el SPC-HC a nivel nacional. Diversos avances científicos y tecnológicos han permitido que el SPC-HC se desarrolle en diversas partes del mundo a un ritmo sin precedentes en la historia, superiores al 11% anual (Chang, 1999; Chang y Miles 2004). Estos grandes avances, desarrollados fundamentalmente a mediados del siglo pasado, junto con un alto nivel de organización pública, privada y social han consolidado el crecimiento sostenido de la industria. Los principales países productores desarrollaron una estrategia bastante exitosa que consistió en establecer centros nacionales de investigación científica y tecnológica, en los cuales integraron los estudios básicos y aplicados, la transferencia de tecnología, y la capacitación en todos sus niveles. Así se establecieron Centros de investigación en Pennsylvania, E.U.A.; Bordeaux, Francia; Horst, Holanda; Wellesbourne, Inglaterra; Tottori, Japón; y Hong Kong/Fuzhou, China. Esto representó un avance fundamental en la historia de la biotecnología aplicada de los hongos comestibles, ya que estos institutos vinculados directamente con la industria han promovido en forma eficaz el constante mejoramiento de sistemas de producción, han proporcionado asesoría técnica especializada para la solución de problemas cotidianos en las plantas, y han formado abundantes recursos humanos de alto nivel para mantener la competitividad tecnológica en este campo. En contraste con lo anterior, en la mayoría de los países con menor desarrollo del sector, se observa una situación generalizada que puede caracterizarse por lo siguiente: 1) Los productores de hongos comestibles, tanto de pequeña como de gran escala, tienen poco apoyo estratégico del sector público, no realizan inversiones consistentes en investigación, están poco organizados y carecen de estrategias de mercado a largo plazo; y 2) Los centros de investigación que trabajan en este campo tienen serias limitaciones económicas y de infraestructura, y en muchos casos realizan investigaciones poco relacionadas con los problemas reales del sector productivo.

En el presente artículo, a partir de la experiencia generada por el Colegio de Postgraduados (COLPOS), *Campus* Puebla, los autores describen un modelo eficiente de vinculación y retroalimentación entre los Centros Públicos de Investigación y el Sector Productivo (*e.g.*, SPC-HC), adaptado a las condiciones del país y basado en un diagnóstico constante de las necesidades de los productores, recolectores y consumidores de hongos comestibles que conduce a una serie de apoyos estratégicos para el sector. Es importante mencionar que la estrategia considera un concepto unificado de hongos comestibles, en el cual las especies silvestres y cultivadas se consideran dos variantes del mismo producto, así como de un mismo sistema de producción-consumo.

### **El Centro de Vinculación con el Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles (CVINHCO)**

Desde 1989, el grupo de investigación del COLPOS, *Campus* Puebla, ha venido desarrollando investigaciones para impulsar el cultivo comercial del champiñón (*Agaricus*), las setas (*Pleurotus*), y el shiitake (*Lentinula*). Actualmente, cuenta con infraestructura y recursos humanos para la realización de investigaciones interdisciplinarias básicas, aplicadas, tecnológicas, y socioeconómicas, involucrando el SPC-HC que se ha identificado en México (Martínez-Carrera *et al.*, 2006). Se trata de un enfoque integral y sistémico del campo. El grupo de investigación cuenta con una planta académica de profesores investigadores en distintas disciplinas, investigadores adjuntos, así como estudiantes de maestría y doctorado, todos ellos becarios del CONACYT o del SEP-PROMEP-SUPERA. Los resultados relevantes están sintetizados en más de 50 productos académicos principales en revistas arbitradas, capítulos de libro y tesis de maestría y doctorado.

Actualmente, se cuenta con experiencia para apoyar al SPC-HC en diversos aspectos:

- 1) Cepas comerciales con conocimiento de su fisiología y patrones de desarrollo (Morales *et al.*, 1995).
- 2) Substratos desarrollados para la producción comercial, basados en subproductos agrícolas y forestales abundantes en el país, cuya composición permite buena producción de cuerpos fructíferos y rendimientos (Martínez-Carrera, 2002).
- 3) Manejo experimental a diversos niveles de tecnologías intensivas (substratos, esterilización, incubación, estimulación térmica, fructificación) [Morales y Martínez-Carrera, 1991].
- 4) Diversas técnicas de empaque y procesamiento de los hongos comestibles producidos o recolectados (atmósferas controladas, refrigeración, envasado), para una adecuada comercialización del producto (Martínez-Carrera *et al.*, 1989, 1996, 1998b).
- 5) Evaluar el desarrollo, la importancia y las tendencias del aprovechamiento de los hongos comestibles silvestres y cultivados en las zonas rurales, así como por el sector empresarial, a través del Modelo del Sistema Familiar Rural (SFR). Se genera información sobre las condiciones socioeconómicas de la

comunidad, el nivel de organización de los SFRs, la capacidad potencial del SFR para cultivar o recolectar hongos comestibles, la importancia relativa que pueden alcanzar estas actividades dentro del SFR, y el potencial de los SFRs para adoptar/adaptar tecnologías [Aguilar *et al.*, 2002; Pellicer-González *et al.*, 2002; Martínez-Carrera *et al.*, 2002].

- 6) Identificación de los principales canales de comercialización de hongos comestibles en la región central del país, incluyendo márgenes de ganancia, caracterización de cada nivel del SPC-HC, la variación de los precios y la calidad al mayoreo y al consumidor entre años, regiones, ciudades, y lugares de compra (Martínez-Carrera *et al.*, 2005; Mayett, 2004).
- 7) Estudios cíclicos sobre las actuales preferencias y percepciones de los consumidores mexicanos, categorizadas por nivel socioeconómico bajo, medio y alto en la región central de México, donde se localiza la mayor producción y consumo de hongos comestibles en el país [Mayett *et al.*, 2004, 2006].
- 8) Estrategias para la prevención y control de plagas, enfermedades y competidores de las plantas productoras de hongos comestibles (Ortega, 2002).
- 9) Identificación de la problemática técnica y financiera que limita la producción comercial (Martínez-Carrera *et al.*, 1993, 1998a).
- 10) Información estratégica sobre el desarrollo del SPC-HC en México y el resto de Latinoamérica, en forma comparativa con los desarrollos observados en Europa, Norteamérica y el Sureste de Asia (Martínez-Carrera, 2000, 2002; Martínez-Carrera *et al.*, 1991, 1992, 2000, 2004, 2006).

En la **Fig. 1** se muestra el modelo de trabajo del CVINHCO desarrollado a partir del 2003. El CVINHCO tiene como objetivo fundamental apoyar a productores rurales, campesinos e indígenas, así como al sector privado en diez niveles: 1) Suministro de “semilla” mejorada; 2) Suministro de unidades de producción inoculadas de hongos comestibles; 3) “Centro de Salud de los Hongos”: determinación de los problemas de plagas, enfermedades y competidores que tienen las plantas productoras, generando las recomendaciones pertinentes para su prevención, manejo y control; 4) Transferencia de tecnologías con estándares internacionales: producción de “semilla”, sistemas de cultivo, y procesamiento de hongos comestibles; 5) Capacitación especializada de recursos humanos (cursos cortos, diplomados); 6) Diagnóstico socioeconómico, organizacional, y planeación estratégica para recolectar, cultivar y procesar hongos comestibles; 7) Establecimiento de sistemas de control de calidad (Plan General de Higiene, Plan HACCP, Normas ISO, Sistemas de auto-control); 8) Proyecciones financieras y de crecimiento; 9) Mantenimiento de la competitividad tecnológica; y 10) Establecimiento de estrategias de penetración y desarrollo de mercado.

## **IMPACTO REGIONAL Y DESARROLLO DE LA CUENCA PUEBLA-TLAXCALA**

### **a) Nivel de desarrollo**

En general, la producción comercial de hongos comestibles se encuentra localizada en la región central de México. En el caso de las especies cultivadas, se aprovechan grandes cantidades de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales como substrato de cultivo, tales como las pajas, pulpas, bagazos y rastrojos. Normalmente, estos substratos se preparan para su siembra mediante fermentación aerobia y/o pasteurización con procesos tecnológicos de eficiencia variable. Los sistemas de producción utilizan cajas, anaqueles metálicos y de madera, así como camas o bolsas de plástico de diferentes tamaños, las cuales contienen el substrato inoculado para ser incubado. Los cuartos de crecimiento y producción de los hongos comestibles son poco sofisticados y con control rústico de las variables ambientales (luz, temperatura, humedad relativa, ventilación), lo cual conduce a producción inestable, bajos rendimientos, y problemas diversos con plagas, enfermedades y competidores a lo largo del año. Pocas empresas están en posibilidades de climatizar sus naves de producción y efectuar procesamiento postcosecha de hongos comestibles, por lo que la mayoría comercializa su producto fresco. La producción rural de hongos comestibles ha dado lugar a un gran número de pequeños productores (campesinos e indígenas) con distintos niveles de organización, principalmente de setas dada la sencillez y bajo costo de implementación del sistema de cultivo. Este tipo de producción es normalmente constante, frecuente, u ocasional, y una proporción importante de productores generan una producción inestable o efímera, ya que no tienen apoyos suficientes de capital, tecnología, capacitación, y asistencia técnica, ni tampoco planifican adecuadamente la comercialización del producto (Martínez-Carrera, 2002). La mayoría de los productores rurales dedican una parte variable de la producción de hongos para el autoconsumo.

Por otro lado, las especies de hongos comestibles silvestres crecen en las diversas regiones boscosas de nuestro país. Estas regiones se encuentran normalmente asociadas a comunidades rurales, indígenas y campesinas, las cuales han utilizado los recursos forestales maderables y no maderables para satisfacer sus necesidades básicas. De esta forma, han manejado tradicionalmente los hongos comestibles silvestres recolectándolos durante la época de lluvias para autoconsumo y/o venta en los mercados regionales. Se trata de un proceso de recolección complejo, el cual se ha identificado como una actividad extra-agrícola regulada por diversos factores sociales, económicos y ecológicos. Por la forma en que se desarrolla la actividad, buena parte de los hongos comestibles comercializados se pierde o tiene problemas de calidad que repercuten directamente en el precio y la rentabilidad de la actividad (Martínez-Carrera *et al.*, 1998b, 2002). En general, la falta de asesoría de alto nivel en aspectos socioeconómicos limita la posibilidad de que las actividades de recolección sean reguladas en beneficio de las comunidades rurales. Este tipo de apoyo es fundamental para el manejo de recursos forestales no maderables, ya que permitiría desarrollar estrategias sostenibles para apoyar el manejo tradicional, el procesamiento y la comercialización de los hongos comestibles silvestres por parte del sector social. También porque la mayoría de las especies conocidas y apreciadas por la población no han logrado cultivarse a gran escala y diversos sectores sociales urbanos son renuentes al consumo de hongos silvestres por la desconfianza de su identificación.

#### **b) Relevancia de la vinculación**

Es evidente que, por el nivel de desarrollo descrito, las actividades productivas asociadas a los hongos comestibles en México requieren de la vinculación estratégica con instituciones públicas para llegar a ser sostenibles desde el punto de vista social, económico y ecológico en el contexto actual.

En el CVINHCO se han proporcionado servicios integrales consistentes al SPC-HC en nueve Estados de la República (D.F., Guerrero, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Veracruz), los cuales incluyen 96 Municipios principalmente de la región central del país (**Fig. 2**). Otros Estados también han sido apoyados de manera esporádica. La mayoría de los apoyos se proporcionan *in situ*, es decir, directamente en las plantas de producción de hongos comestibles o en las comunidades rurales. Existe también el caso de comunidades rurales involucradas no tan sólo en la recolección de hongos silvestres, sino también en el cultivo de especies que se producen comercialmente. En la **Fig. 3A-C** pueden apreciarse ejemplos de los productos desarrollados, los cuales se promueven o comercializan en la región.

En la **Tabla 1** se muestran ejemplos de otros apoyos que se han brindado al SPC-HC, fundamentalmente en la región central del país. A la fecha, se han distribuido más de 33,000 kg de “semilla” de hongos comestibles durante el período 1996-2005, se han promovido diversas especies de hongos comestibles todavía no producidas comercialmente en México a gran escala, y se han capacitado un buen número de recursos humanos a través de cursos. En total, se han apoyado a más de 800 productores de hongos comestibles de la región (**Fig. 4A-F**). Los ingresos generados por estas actividades de vinculación se destinan al apoyo de investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas basadas en las necesidades del SPC-HC que se van diagnosticando.

Aunque el área de influencia es grande, la mayor parte de los esfuerzos se concentran en desarrollar acciones e investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas para promover la cuenca Puebla-Tlaxcala de producción comercial de hongos comestibles. Esto se desarrolla desde el 2004, a través de un convenio interinstitucional de colaboración que permitió una alianza estratégica, coordinada por el COLPOS, entre las principales instituciones de enseñanza e investigación que trabajan en este campo en la ciudad de Puebla. Participan la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), y el Instituto de Micología Neotropical Aplicada, A.C. (CONACYT-RENIICYT 2005-274).

### **PERSPECTIVAS**

México tiene el potencial para convertirse en un importante productor, consumidor y exportador de hongos comestibles, ya que ocupa una posición líder en Latinoamérica y posee amplias ventajas comparativas (Martínez-Carrera *et al.*, 2006). Sin embargo, se considera que para lograrlo es indispensable incorporar al SPC-HC dentro de los programas de apoyo de las políticas públicas, lo cual permita el financiamiento estratégico para un mayor nivel de investigación básica, aplicada y socioeconómica; de transferencia de innovaciones tecnológicas; y de vinculación academia-empresa y academia-sector social (comunidades rurales). Dentro de las investigaciones que requieren atención están: 1) Nuevas variedades adaptadas a las diferentes regiones del país

que permitan rendimientos competitivos, incluyendo cepas aspóricas o de esporulación reducida; 2) Manejo integrado de plagas, enfermedades y competidores; 3) Tecnologías competitivas para la producción y procesamiento; 4) Innovaciones en materia de insumos, maquinaria y equipo; 5) Reciclaje de subproductos y residuos; 6) Certificación de estándares internacionales de calidad; 7) Nuevos productos metabólicos con importancia industrial; 8) Escalamiento tecnológico de la producción; 9) Desarrollo de canales regionales de comercialización; y 10) Demandas emergentes del consumidor.

Los puntos señalados conducirán a un alto grado de competitividad tecnológica del SPC-HC, una evolución de la estructura del sistema de mercado, y productos certificados, frescos y procesados, con altos estándares de calidad para un mercado nacional e internacional cada vez más demandante. En el sector agroalimentario se desarrollará una actividad productiva sostenible de alto valor agregado y generadora de empleo calificado. En un país con alto nivel de desarrollo de la industria petrolera, la bioremediación *in situ* implica una prometedora aplicación del principal subproducto de la producción comercial de hongos comestibles, el sustrato degradado. Este sustrato residual, después de haber sido empleado en la producción intensiva de hongos comestibles, se genera en grandes cantidades y puede aprovecharse para bioremediar agua y suelo de regiones contaminadas por hidrocarburos o residuos orgánicos similares a la lignina, tales como el pentaclorofenol (PCP), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), bifenoles policlorados (PCBs)], y pesticidas organofosforados. El sustrato parcialmente degradado contiene una gran variedad de enzimas extracelulares y sustancias nutritivas, las cuales al aplicarse directamente en zonas contaminadas permiten la degradación de compuestos contaminantes y favorecen el desarrollo de otros microorganismos (Chang y Miles, 2004). Otro aspecto importante, en comparación con otros cultivos convencionales y agroindustrias, es la marcada eficiencia del proceso biotecnológico de producción de hongos comestibles para utilizar y convertir el agua y la energía en alimento humano (Martínez-Carrera *et al.*, 1998a). Se ha estimado que para producir 1 kg de hongos comestibles (*Pleurotus*) empleando tecnologías rústicas se requieren 28 L de agua, en un período de 25-30 días después de la inoculación. Esta cantidad y período de producción son mucho menores que las estimaciones para otros alimentos y forrajes, tales como la papa (500 L/kg), trigo y alfalfa (900 L/kg), sorgo (1,110 L/kg), maíz (1,400 L/kg), arroz (1,912 L/kg), soya (2,000 L/kg), carne de pollo (3,500 L/kg), y carne de res (100,000 L/kg). Por consiguiente, se necesitan 3,571 veces más agua para producir 1 kg de carne de res, que para obtener 1 kg de hongos comestibles.

El impulso estratégico del SPC-HC será fundamental para: 1) Impulsar la expansión e impacto global de la industria mexicana de producción de hongos comestibles; 2) Fortalecer la sostenibilidad agrícola y forestal mediante el aprovechamiento y reciclaje de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales para generar productos de alto valor agregado, así como a través de la bioremediación; 3) Una mayor eficiencia en el aprovechamiento del agua en las áreas rurales y suburbanas; 4) Obtener un alimento funcional para el consumo humano, socialmente aceptado, de alto valor medicinal, proteínico, y comercial; 5) Incrementar la rentabilidad de los cultivos agrícolas; y 6) Consolidar la seguridad y soberanía alimentaria de México.

## 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 pp.
- 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. 451 pp.
- Gómez, M. y R. Schwentesius. 2003. Impacto del TLCAN en el sector agroalimentario: evaluación a diez años. CIESTAAM, UACH, Chapingo, México. 15 pp.
- Martínez-Carrera, D. 2000. Mushroom biotechnology in tropical America. *Int. J. of Mushroom Sciences* 3: 9-20.
- Martínez-Carrera, D. 2002. Current development of mushroom biotechnology in Latin America. *Micol. Apl. Int.* 14: 61-74.
- Martínez-Carrera, D., A. Aguilar, W. Martínez, P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla y 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 y 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 pp.

- Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra, P. Morales, M. Sobal, W. Martínez y 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 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 y 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. Sobal, A. Aguilar, M. Navarro, M. Bonilla y 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. 44 pp.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales, E. Pellicer-González, H. León, A. Aguilar, P. Ramírez, P. Ortega, A. Largo, M. Bonilla y 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 y A. Larqué-Saavedra. 1992. Reconversión en la industria de los hongos? *TecnoIndustria* (CONACYT) 7: 52-59.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales y M. Sobal. 1989. Viabilidad postcosecha de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* bajo diferentes condiciones. *Micol. Neotrop. Apl.* 2: 53-66.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla y W. Martínez. 2006. México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de producción-consumo de los hongos comestibles. In: El cultivo de *Pleurotus* en México. ECOSUR-IE-UNAM-COLPOS, México, D.F.
- Martínez-Carrera, D., R. Leben, P. Morales, M. Sobal y A. Larqué-Saavedra. 1991. Historia del cultivo comercial de los hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo* (CONACYT) 96: 33-43.
- Mayett, Y. 2004. Estrategia para incrementar el consumo de hongos comestibles en México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Puebla. 177 pp.
- 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 y 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.
- Morales, P. y D. Martínez-Carrera. 1991. *Bursera* sawdust as a substrate for shiitake cultivation. *Micol. Neotrop. Apl.* 4: 41-47.
- Morales, P., M. Sobal, W. Martínez, A. Larqué-Saavedra y 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.
- Ortega, P. 2002. Plagas, enfermedades y competidores en plantas productoras de hongos comestibles en la región central de México y la estrategia para su prevención y control. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Puebla. 241 pp.
- Pellicer-González, E., D. Martínez-Carrera, M. Sánchez, M. Aliphath 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 pp.
- SAGARPA. 2003. Análisis comparativo de indicadores del sector agroalimentario de México y otros países 2003. México, D.F. (<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>).

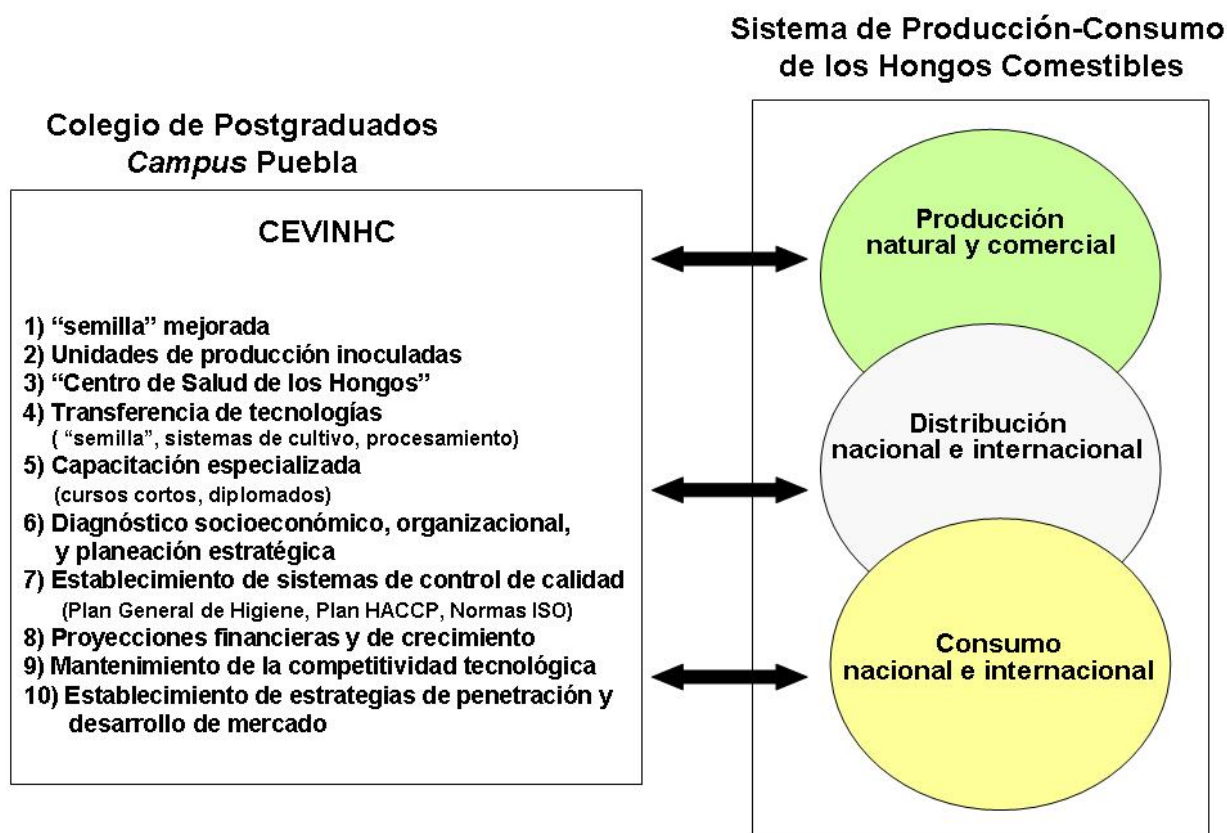
**Tabla 1.** Algunos ejemplos de aplicación del modelo de vinculación y retroalimentación entre el Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla, y el Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles en México (SPC-HC). G1= Primera generación.

Año	“Semilla” (kg)		Promoción de Nuevas variedades*		Información**	Capacitación (Cursos)	Ingresos (MN)	Productores apoyados
	G1	Comercial	Unidades de producción inoculadas (No.)	Hongos frescos (Kg)				
1996		40				1	\$ 5,800.00	3
1997		732.05					\$ 12,481.00	4
1998		1108.33					\$ 16,725.00	24
1999		2578.58					\$ 48,740.00	55
2000	2	1889.15				1	\$ 46,728.50	94
2001	14	5,182.75				3	\$ 120,157.50	111
2002	46	8,618.70					\$ 142,712.50	139
2003	4	5,205.00					\$ 155,510.00	108
2004	2	2,966.88	50	23.8	16	4	\$ 102,117.50	109
2005	4	4,817.80	135	73.3	42	2	\$ 183,536.00	171
Total	72	33,139.24	185	97.1	58	11	\$ 834,508.00	818

\* Principalmente, “pechuga de pollo” (*Neolentinus lepideus*), el “shiitake” (*Lentinula edodes*), el “zhengjigu” (*Hypsizygus marmoreus*) y diversas especies de setas no producidas comercialmente (*Pleurotus* spp.).

\*\* Publicaciones del grupo de investigación, principalmente Martínez-Carrera *et al.* (2004).

1



2



**Figs. 1-2.** 1: Modelo de vinculación y retroalimentación aplicado entre el Colegio de Postgraduados, *Campus Puebla*, y el Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles en México (SPC-HC). 2: Cobertura actual de la aplicación del modelo de vinculación en distintos Estados de la República Mexicana (marcados con diferentes tonos de gris).





**Fig. 3A-C.** Productos comerciales desarrollados por el Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla (® marca registrada). A: “Semilla”. B: Producto fresco, *shiitake* (*Lentinula*). C: Productos envasados, setas (*Pleurotus*) y *shiitake*.





**Fig. 4A-F.** Algunas plantas de producción y comunidades rurales de la región central del país que han sido apoyadas por el Centro de Vinculación con el Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles (CVINHCO) del Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla. A: Champiñones (*Agaricus*). B: Setas, cultivo intensivo (*Pleurotus*). C: *Reishi* (*Ganoderma*). D: *Shiitake* (*Lentinula*). E: *Matsutake* (*Tricholoma*), comunidades rurales recolectoras de la Sierra de Oaxaca. F: Procesamiento postcosecha de setas cultivadas para su envasado, comunidades rurales de la Sierra Norte de Puebla.