

Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México*

por Daniel Martínez-Carrera,¹ Rodolfo Leben,² Porfirio Morales,¹ Mercedes Sobal¹ y Alfonso Larqué-Saavedra³

Con base en diversas referencias hemero-bibliográficas, cinco investigadores, especialistas en micología, relatan el peculiar desarrollo que en nuestro suelo ha tenido el cultivo del champiñón y las setas

Recientemente, se ha observado en México un marcado interés por la producción comercial de hongos comestibles. En la actualidad existen algunas empresas dedicadas al cultivo de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach y *Pleurotus* spp., conocidos en el mercado como champiñón (a) y setas, respectivamente. Aunque no se cuenta con cifras exactas y periódicas, se puede considerar que, en el nivel nacional, el volumen de producción de estas espe-

* Investigación financiada por la *International Foundation for Science* (IFS), con sede en Estocolmo, Suecia, a través del proyecto E/1743-1.

¹ Colegio de Posgraduados, CEICADAR
Laboratorio de Producción de Hongos Comestibles
Apdo. Postal núm. 1-12
72130 Puebla, Pue.

² Hongos Leben S. de R. L. de C. V.
Camino a Guadalupe Victoria
Capulhuac, México

³ Colegio de Posgraduados
Centro de Botánica
Chapingo, México



Figura 1. Víctor Cano Faro (sentado), pionero del cultivo de hongos comestibles en México y fundador de la empresa "Hongos de México, S. A. de C. V.". Aparece acompañado, de izquierda a derecha, por Rodolfo Leben Stavar, fundador de la empresa "Hongos Leben, S. de R. L. de C. V."; por Eutiquio Sobrino y Ernesto Ocampo Álvarez, técnicos de "Hongos de México".

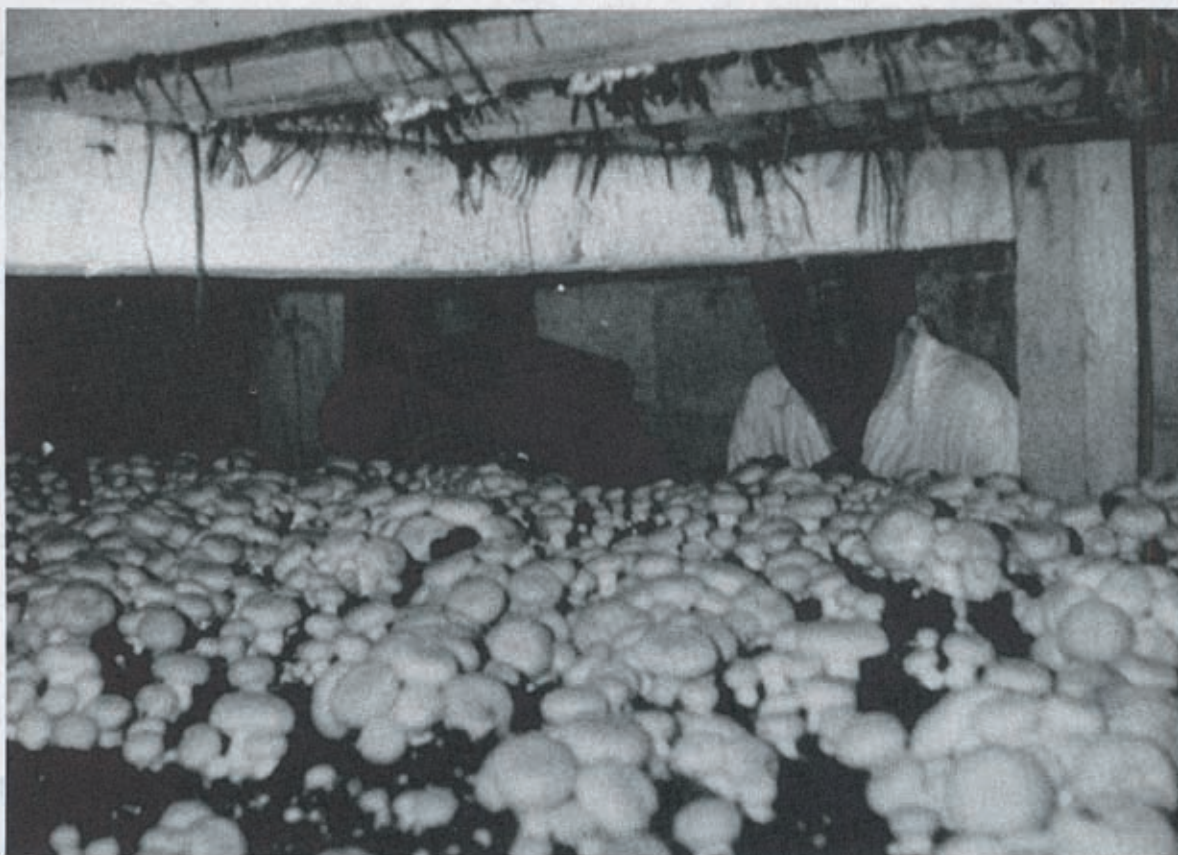


Figura 2. Producción de champiñón (*Agaricus bisporus*) en camas, en la planta de "Hongos de México", en 1956 (Cuajimalpa, D. F.); se empleaba el sistema de cultivo en estanterías.

cies rebasa las 23 toneladas diarias de hongos frescos. Hasta la fecha se desconoce cuál ha sido la evolución y los antecedentes de tan importante actividad en México. Asimismo, poco se sabe acerca del enorme potencial que podría representar el cultivo de otras especies comestibles con amplio mercado en el nivel internacional. En 1941, Carvalho¹ desarrolló lo que podría ser el primer documento que analiza el potencial del cultivo de los hongos comestibles en México. Ese documento fue presentado como tesis profesional en la Escuela Nacional de Agricultura, en Chapingo, México. Basado al parecer en un viaje por Europa y Estados Unidos el autor proporcionó una excelente descripción de la técnica empleada para el cultivo del champiñón en esa época, al cual asignó el nombre de setas. También comentó que en aquel entonces ese cultivo era incipiente y que adolecía de serios problemas técnicos, dando como resultado una producción baja e inestable. Los hongos así obtenidos eran comercializa-

dos al precio bastante elevado de 4.00 a 8.00 pesos, a pesar de su baja calidad.

Inicios y primeros ensayos

El cultivo del champiñón (b) se remonta a la llegada de José Leben Zdravie a la ciudad de México, en 1931. Leben Zdravie provenía de Trieste, Italia, donde nació en 1905 y había emigrado a México para atender y administrar una hacienda de vacas lecheras. Ya instalado en el país, un amigo y paisano suyo, nativo de Trento, Italia, que había visto cómo se cultivaba el champiñón en Europa, estimuló a Leben Zdravie para llevarlo a cabo.

Sin contar con capital disponible, en 1933 Leben Zdravie inició los primeros ensayos del cultivo del champiñón en México, en el rancho ganadero conocido como "Tolimpa", cercano a Texcoco. Esos intentos dieron poco re-

sultado y se llevaron a cabo utilizando el sistema de camellones (c). El sustrato de los camellones estaba formado de estiércol de caballo o de vaca, mezclado con pequeñas cantidades de paja de trigo o cebada. La mezcla se fermentaba de 15 a 21 días, efectuando un volteo a los 4-7 o 7-10 días, dependiendo de las condiciones ambientales y del grado de humedad del sustrato. La fermentación daba como resultado un compost (d) adecuado para el desarrollo del hongo. El inóculo o "semilla" (e) empleado procedía de la empresa estadounidense *Mushroom Supply Co.*, de Pensilvania, la cual ya venía funcionando desde 1924.

En 1939, después de notables esfuerzos y ensayos constantes, Leben Zdravie logró establecer en el rancho "Tonalco" la primera planta productora de hongos en México. La planta quedó ubicada donde actualmente se encuentra la zona de Industrial Vallejo, en México, D. F. La "semilla" utilizada en este caso provenía de Fran-

cía. Sin embargo, dicha planta era muy rústica y todavía funcionaba en un plan experimental. La primera cosecha verdadera y estable se logró hasta 1941, a partir de camellones de sustrato formados debajo de una tejavana.

Dado que las condiciones de cultivo en esta planta eran muy precarias y por la alta incidencia de plagas que lo afectaban, Leben Zdravie decidió trasladarse al rancho "La patera", en 1945, cedido por un amigo suyo, quien contaba con un terreno más amplio (2 000 m²) y estaba localizado en el mismo barrio de Vallejo. La planta consistía de dos locales subterráneos y una pasteurizadora en superficie (f), la cual contaba con sistema de cajas de 1.25 x 0.80 x 0.12 m., trasladables a los locales de cultivo. Cuando todo marchaba bien, la producción de esta pequeña planta era de 10-15 kg. de hongos frescos diarios. Inicialmente, el mercado del champiñón era muy restringido, ya que sólo se podía vender en las embajadas estadounidenses y francesas, así como en algunos restaurantes de lujo de la ciudad de México. Conforme fue abriéndose el mercado, se hizo posible comercializarlo en diversas carnicerías del barrio de Vallejo y en el mercado de San Juan de Letrán. A partir de ese momento, el cultivo se volvió rentable y se obtuvieron las primeras ganancias.

En 1947, Leben Zdravie se asoció con los señores Víctor Cano Faro, José Cano y Antonio Pacheco. Una vez asociados,

alquilaron una planta de champiñón que estaba junto a la refinería de Azcapotzalco, México. Esta planta pertenecía al señor Onsgard (g) y correspondía a un diseño del tipo estadounidense con sistema de cultivo en estantes, empleado en ese entonces en Pensilvania, EE.UU. Onsgard había cultivado champiñón con bastante éxito en forma paralela a Leben Zdravie; sin embargo, debido a una severa enfermedad le fue imposible continuar su empresa. Los locales de cultivo eran más o menos de 20 m de largo, 6 m de ancho y 4 m de altura; en su interior, cada local contaba con dos anaques de madera de seis camas (más o menos 0.5 m entre cada cama), aproximadamente de 1.5 m de ancho por 16 m de largo. La sociedad mencionada cultivó champiñón durante más o menos dos años y también realizó, a pequeña escala, los primeros enlatados de hongos comestibles en México. Posteriormente, debido a que la producción de champiñón era bastante inestable, se procedió a la disolución de la sociedad.

Establecimiento de la Planta "Hongos de México, S. A. de C.V."

Después de la disolución de la sociedad formada en 1947, Víctor Cano Faro (véase figura 1) decidió continuar en la

producción de champiñón. A finales de 1949, fundó en Cuajimalpa, D. F., la planta "Hongos de México, S. A. de C. V."

En 1954, en esta planta se construyó el primer laboratorio de producción de inóculo o "semilla" en México, el cual fue diseñado por el doctor Crespo Cortina (h). Su construcción permitió eliminar la seria dependencia que se tenía del extranjero en el suministro de "semilla". También en este año Cano Faro invitó nuevamente a Leben Zdravie a trabajar como técnico encargado del proceso de producción en su empresa. Los rendimientos obtenidos eran ya de 5 a 6 kg. de champiñón/m² (véase figura 2).

En 1974, por primera vez en México, se cultivó en Cuajimalpa una especie de hongo comestible diferente al champiñón, cuyo nombre científico corresponde a la especie *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm. El cultivo de este hongo se originó a raíz de la compra de cuatro pacas de paja de trigo previamente inoculadas, las cuales fueron adquiridas por Cano Faro en Europa. Se trasladaron por avión a México, donde se incubaron y desarrollaron sus primeras fructificaciones (véase figura 3a-b). Inicialmente, como había ocurrido antes con el champiñón, la venta de este hongo era bastante difícil, ya que poca gente lo conocía. Sin embargo, en la actualidad su distribución en el mercado es bastante amplia y se le



Figura 3a-b. Primer cultivo de setas (*Pleurotus ostreatus*) en México en 1974, en la planta "Hongos de México" (Cuajimalpa, D. F.); (a) Desarrollo y fructificación del hongo cultivado sobre paja de trigo. (b) Cuerpos fructíferos completamente desarrollados.

comercializa curiosamente con el nombre de "setas" (i), a pesar de los diversos nombres vernáculos que en México existen para esta especie.

Hoy en día, gracias a una expansión amplia y sostenida durante los últimos 15 años, "Hongos de México" es la empresa productora de champiñón más grande del país y, probablemente, una de las que cuentan con mayor volumen de producción en el mundo. En promedio se alcanzan cerca de 20 toneladas diarias de champiñón, mientras que de setas se producen más o menos tres toneladas mensuales. Ambos hongos se distribuyen tanto en fresco como en lata. Esta empresa está formada por un complejo de cinco plantas de producción, a saber:

1. La planta de Cuajimalpa, ubicada en Cuajimalpa, D. F. En esta planta se encuentra un laboratorio donde se mantienen y preservan, en refrigerado-

res de nitrógeno líquido, diversas cepas de hongos comestibles. Con esta moderna técnica se detienen todas las actividades metabólicas de los hongos, sometiéndolos a temperaturas inferiores a -100°C ; de esta manera, los cambios genéticos y fisiológicos que pudieran ocurrir bajo condiciones normales de crecimiento constante son prácticamente nulos. Se cuenta también con un laboratorio de producción de inóculo, el cual abastece de "semilla" al resto de las plantas e incluso exporta esporádicamente hacia algunos lugares de Centro-América y Venezuela. Existen, además, un laboratorio para análisis del sustrato y control de calidad de materias primas, así como un laboratorio para la detección de plagas.

2. La planta de "El Encinal", localizada en un lugar llamado La Bolsa, cerca del Desierto de los Leones, México, D. F.

3. La planta "Chapultepec", en Chapultepec, estado de México.

4. La planta de San Pedro la Isla, situada cerca de Tenango del Valle, estado de México. En la actualidad ahí se cultivan comercialmente las setas.

5. La planta "Champimex", ubicada en Amealco, Querétaro.

Establecimiento de la Planta "Hongos Leben, S. de R. L. de C. V."

Después de trabajar durante seis años como técnico de producción en "Hongos de México, S. A. de C. V.", José Leben Zdravie decidió reiniciar su propia planta. En 1960, construyó en un terreno propio de los alrededores del pueblo de Ticomán, México (actual-



Figura 4. Preparación del sustrato para el cultivo del champiñón en la planta conocida como "La pastora" en 1964, ubicada en ese entonces en los alrededores del pueblo de Ticomán (actualmente cerca de la Villa, México, D. F.). Al fondo se pueden apreciar los locales de cultivo, donde se producían entre 500 y 600 kg de hongos frescos diarios.



Figura 5. Construcción del segundo laboratorio de producción de inóculo o "semilla" en México en 1974, ubicado en Guadalupe Victoria, municipio de Capulhuac, estado de México. Este laboratorio formaba parte de la empresa "Hongos Leben", la cual comenzó a funcionar comercialmente a partir de 1976.

mente cerca de La Villa, en México, D. F.), una planta productora de champiñón con diez locales que abarcaban aproximadamente 3 000 m². Esta planta conocida como "La pastora" (véase figura 4) producía inicialmente entre 500-600 kg. de hongos frescos diarios, empleando el sistema de camas. Esporádicamente, también se producían setas empleando paja como sustrato y cepas procedentes de Italia. La "semilla" necesaria para el funcionamiento de la planta era proporcionada por la empresa "Hongos de México". Con el tiempo, dicha planta creció y llegó a tener 16 locales con una producción más o menos de 1 000 kg /día. Todos los hongos producidos se vendían por convenio directamente a "Hongos de México".

En 1977 se suspendió la actividad de esta planta, debido a que la zona ya era muy poblada, a la creciente contaminación y a ciertos problemas laborales. Leben Zdravie vendió el terreno y las construcciones a un fabricante de mofles. Los materiales, la maquinaria y el equipo se trasladaron a la planta de "Hongos Leben, S. de R. L. de C. V.", la cual estaba comenzando a funcionar en Guadalupe Victoria, municipio de Capulhuac, estado de México.

Aunque fundada en 1975, la planta de "Hongos Leben" se inició en 1974, bajo la dirección de Rodolfo Leben Stavar (hijo de José Leben Zdravie). Lo

primero que se construyó fue el laboratorio de producción de inóculo o "semilla" (véase figura 5), el cual constituía el segundo en el país. En 1976, esta planta inició su producción comercial con 7 casas de cultivo, empleando el sistema de sacos de plástico (j) por primera vez en México (véase figura 6), en vez de camas y logrando un volumen más o menos de 1 000 kg de champiñón diarios. En este año también se comen-



Figura 6. Cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus*) en sacos de plástico en la planta "Hongos Leben", en Guadalupe Victoria, estado de México. Esta planta fue la primera en utilizar comercialmente este sistema en 1976.

zaron a cultivar esporádicamente setas.

Actualmente, todo el sistema de producción empleado en esta planta está basado en diseños originales de Leben Stavar, los cuales han funcionado con notable éxito y representan valiosas aportaciones de la técnica mexicana a la industria moderna del cultivo del champiñón. La planta cuenta con uno de los mejores laboratorios de producción de inóculo o "semilla" en Latinoamérica (véase figura 7), ya que sus instalaciones están equipadas con sistemas de aire filtrado y presurizado, lámparas de luz ultravioleta y áreas de incubación con control termostático de la temperatura. Esto le permite contar con una producción más o menos de 500 kg/día, la cual es suficiente para cubrir sus necesidades e incluso surtir de "semilla" a pequeños cultivadores en México y Centroamérica.

La planta cuenta con capacidad para procesar cerca de 400 toneladas de sustrato en sus diferentes etapas (véase figura 8). Toda la maquinaria especializada ha sido diseñada por Leben Stavar y se ha fabricado en los talleres de la planta (véase figura 9). Existen cuatro pasteurizadoras con sistema de camas y capacidad para 210 toneladas de sustrato, así como un túnel de pasteurización en masa. El área de incubación, cobertura y cosecha está constituida por 18 casas de cultivo, con capacidad para 2 200-2 400 sacos de plástico con 30 kg de sustrato cada uno, cuyo rendimiento diario es en promedio de 2.4 toneladas de champiñón. Por otro lado, existen 17 casas de cultivo dedicadas a la producción de setas, las cuales alcanzan una producción diaria que varía entre 300-400 kg/día. Recientemente, "Hongos Leben" ha construido una planta sucursal en Tijuana, Baja California, con objeto de exportar champiñón enlatado a Estados Unidos, la cual abrirá sus puertas en breve.

Establecimiento de nuevas plantas productoras de champiñón y setas

En 1985, la empresa INTECALI (Investigación y Tecnología Alimentaria, S. A. de C. V.) inició la construcción de una planta productora de champiñón en el

municipio de Tres Marias, estado de Morelos. El diseño, la construcción y el funcionamiento de la planta se han desarrollado bajo la dirección del doctor Hermilo Leal Lara (Facultad de Química, UNAM). Esta planta forma parte de un proyecto de riesgo compartido de gran magnitud, en el que participan la iniciativa privada, el CONACYT y la UNAM. Las fases iniciales de experimentación comenzaron en 1986 con cuatro locales de cultivo tipo invernadero (véase figura 10), los cuales tienen una producción potencial aproximadamente de 800 kg de hongos diarios, empleando el sistema de cultivo en sacos de plástico. La planta cuenta con un laboratorio para la producción de inóculo o "semilla" y un túnel de pasteurización

precio de los hongos en el mercado.

El cultivo de setas hoy también se desarrolla a pequeña escala en la región central del estado de Veracruz (véase figura 11), donde funcionan actualmente cinco plantas, en las regiones de Xalapa (2), Coatepec (1), Orizaba (1) y Fortín (1). Aunque estas plantas enfrentan serios problemas de asesoría técnica y suministro de "semilla", al parecer los están resolviendo con éxito. Especial interés ha despertado la producción de este hongo, por el empleo de residuos agrícolas como sustrato (pulpa de café, rastrojo de maíz y pajas de trigo y cebada), la relativa sencillez y fácil implementación de su cultivo, así como por las diversas investigaciones realizadas en este campo en el país.⁴



Figura 7. Producción comercial de inóculo o "semilla" de champiñón (*Agaricus bisporus*) y setas (*Pleurotus* spp.), empleando frascos de vidrio y granos estériles de trigo.

con capacidad para 90 toneladas de sustrato.

En años recientes han proliferado pequeñas plantas productoras de champiñón en diversos lugares de México, iniciadas por cultivadores aficionados, o asesoradas por técnicos que han salido de las empresas "Hongos de México" u "Hongos Leben". Todas dependen, directa o indirectamente, de las empresas mencionadas en lo que respecta al abastecimiento de cepas, "semilla", sustrato para el cultivo e, incluso, en el

Potencial para el cultivo de otros hongos comestibles

A pesar de que existen diversas especies que podrían cultivarse comercialmente en México,¹⁰ su cultivo en el país sólo se ha llevado a cabo en forma experimental. *Volvariella volvacea* (Bull. ex Fr.) Sing es un hongo comestible tradicionalmente cultivado sobre paja en el sureste de Asia, desde el siglo XVIII en

algunas provincias de China¹¹; por esta razón se le conoce como "hongo chino" u "hongo de la paja de arroz". Actualmente, esta especie se produce comercialmente en países como Indonesia, Singapur, Malasia, Filipinas, Tailandia, China, Taiwan, India y Hong Kong, entre otros, alcanzando una producción mundial de 65 000 toneladas métricas.¹²

Los primeros estudios que se hicieron en México sobre este hongo se realizaron en laboratorio durante 1982-1984,^{13, 14, 15} mientras que las primeras fructificaciones a nivel de planta piloto se obtuvieron sobre paja de cebada en 1988,⁴ con rendimientos de 1.83 kg/m² (véase figura 12). Sin embargo, al emplearse bagazo de algodón como sustrato de cultivo,¹⁶ el cual es un residuo abundante en México, es posible obtener rendimientos hasta de 6.20 kg/m². Bajo condiciones adecuadas de cultivo intensivo se ha observado que *V. volucae* presenta dos cualidades que la hacen atractiva para la producción comercial. La primera, porque presenta un ciclo de vida notablemente corto, transcurriendo sólo 12-15 días de la siembra a la cosecha de los hongos; y la segunda, porque su temperatura óptima de crecimiento oscila entre 30-32.5°C. Por estas razones, dicha especie cuenta con un amplio potencial de cultivo en las regiones tropicales y subtropicales de México.¹⁷

Lentinula edodes (Berk.) Pegler, mejor conocido como *shiitake* (k) en el mercado internacional, es otra especie comestible ampliamente consumida en el sureste de Asia, donde se ha cultivado desde el siglo XVIII, empleando técnicas bastante sencillas. La producción anual de este hongo a nivel mundial alcanza las 234 000 toneladas.¹² Dicha producción tiene lugar fundamentalmente en Japón, China, Taiwan, Corea y Tailandia, donde se cultiva sobre troncos o aserrín de diversas especies de árboles, pertenecientes principalmente a la familia *Fagaceae*. En este sentido puede considerarse que el cultivo del *shiitake* es el único proceso conocido de bioconversión comercial de la madera a gran escala.¹⁸

El *shiitake* fue cultivado por primera vez en México en 1984, por la empresa "Hongos Leben, S. de R. L. de C. V.", en Guadalupe Victoria, estado de México. El cultivo se llevó a cabo usando

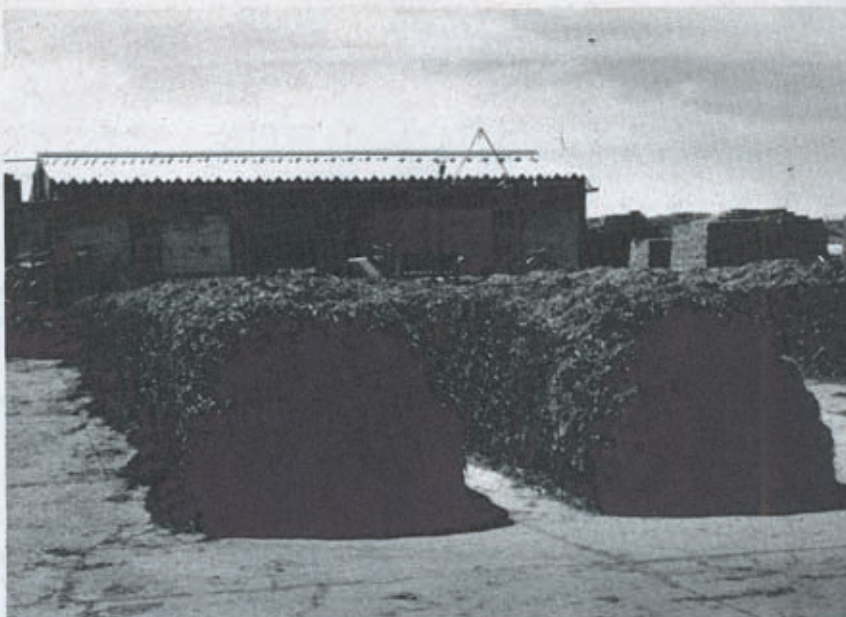


Figura 8. Pilas de sustrato en proceso de fermentación para el cultivo del champiñón en la planta de "Hongos Leben", en Guadalupe Victoria, estado de México. Atrás de las pilas se pueden apreciar las pasteurizadoras de sustrato.

como sustrato aserrín de encino (especie no determinada), almidón, levadura deshidratada y sulfato de calcio, empleando una modificación de la técnica descrita por la patente de la Compañía Kinoko, EE.UU.¹⁹ Castillo y

colaboradores informaron sobre el cultivo de esta especie en 1986²⁰; sin embargo, sus resultados fueron publicados hasta 1988²¹ desafortunadamente sin proporcionar con exactitud la metodología empleada y los rendimientos

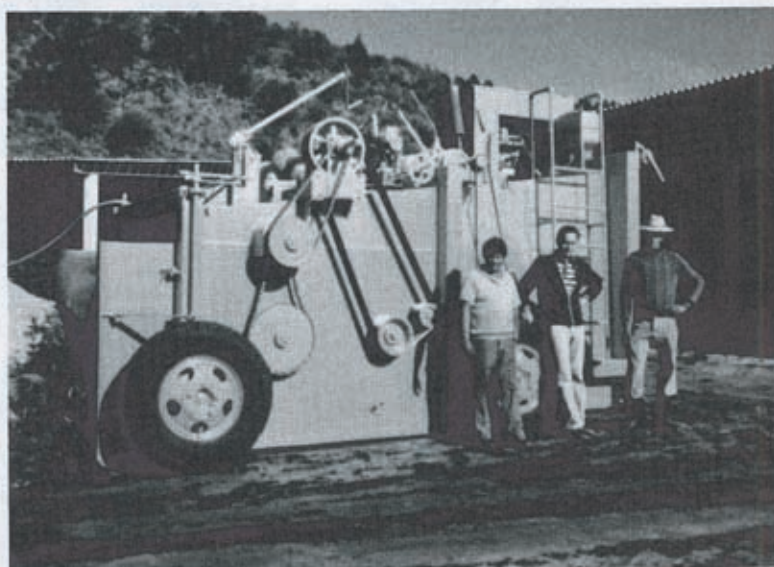


Figura 9. Giradora de sustrato diseñada y construida en los talleres de la planta "Hongos Leben", en Guadalupe Victoria, estado de México. Esta máquina sirve para mezclar y remover completamente las pilas de sustrato permitiendo su aereación y facilitando una fermentación más homogénea.

obtenidos. Este estudio se realizó con una cepa proveniente también de la Compañía Kinoko, la cual se cultivó sobre troncos de encino en el paraje "La Gloria", municipio de Zaragoza, Nuevo León. Cultivos de esta especie a nivel de planta piloto en el Colegio de Posgraduados, empleando aserrín de encino como sustrato, indican que es posible obtener rendimientos de 185 g. de hongos frescos por kilo de sustrato seco²² (véase figura 13).

en México como "orejas de ratón" y que crecen silvestres en las regiones tropicales y subtropicales del país. Este hongo se ha cultivado en forma tradicional desde el año 600 a. C. en China; actualmente su producción mundial es superior a las 46 000 toneladas métricas anuales.¹²

El primer informe sobre el cultivo de este hongo en México se hizo en 1988.²³ Se cultivaron cepas mexicanas de *Auricularia fuscosuccinea*, en una

cado interno, requeriría necesariamente de una producción elevada, estable y de buena calidad.

Si existiera interés por producir comercialmente en México alguna de las especies mencionadas, sería necesario abrir el mercado respectivo dando a conocer paulatinamente los hongos entre la población; tal y como sucedió, en su momento, con el champiñón y las setas.

Consideraciones finales

La industria de la producción comercial de hongos comestibles ha alcanzado su máximo desarrollo en Europa y Norteamérica, donde es una empresa altamente tecnificada, mecanizada y organizada. El notable éxito de las plantas comerciales establecidas en México radica en que han adaptado la tecnología existente a las condiciones del país, resolviendo paralelamente serios problemas de mercado, comercialización y abasto. Con el tiempo han logrado un desarrollo eficaz, original con técnicas propias, gracias al tenaz esfuerzo que durante muchos años han realizado los empresarios que iniciaron esta industria.

En México, el papel de las instituciones de investigación en el inicio y desarrollo del cultivo comercial del champiñón (*Agaricus* spp.) y las setas (*Pleurotus* spp.) ha sido prácticamente nulo; sus aportaciones en este campo son más bien recientes y escasas. En contraste, en los países altamente desarrollados existe un estrecho vínculo entre la industria y los centros de investigación especializados.

La acción conjunta de la investigación con las empresas comerciales es una relación dinámica, necesaria y mutuamente benéfica, que promueve el constante mejoramiento de los sistemas de producción y la solución de problemas cotidianos (enfermedades, disminución de rendimientos, etcétera). Hasta ahora, los cultivadores comerciales han sustituido parcialmente esta relación contratando consultores internacionales y llevando a cabo diversos experimentos prácticos dentro de las plantas. Ésta es una de las causas del marcado hermetismo observado en la industria mexicana, muy similar al de Francia a principios de siglo. Sin embargo, esta



Figura 10. Locales tipo invernadero para el cultivo comercial del champiñón en la planta de INTECALI (Investigación y Tecnología Alimentaria, S. A. de C. V.), en el municipio de Tres Marias, Morelos.

El cultivo comercial del *shii-take* en nuestro país es prometedor y representaría una empresa con enorme potencial de exportación, ya que puede deshidratarse y comercializarse sin dificultad. Estados Unidos actualmente es uno de los mayores consumidores de *shii-take* seco proveniente del Japón, cuya importación supera los seis millones de dólares anuales.¹⁸ Gracias a las propiedades medicinales (antivirales y antitumorales) recientemente descubiertas en esta especie, existe una tendencia generalizada de aumento en el consumo tanto en Estados Unidos como en Europa.

Con técnicas similares a las empleadas para la producción del *shii-take*, es posible cultivar también el hongo comestible *Auricularia* spp., especies conocidas

mezcla de aserrín más pulpa de café y en troncos de "jinicuil" (*Inga jinicuil*). Los rendimientos indicaron que se pueden obtener hasta 371.53 g de hongos frescos por kilogramo de sustrato seco (véase figura 14).

El cultivo de las "orejas" en nuestro país contaría inicialmente con el mercado de las tiendas especializadas en alimentos exóticos y restaurantes de comida china y japonesa, así como de la comunidad oriental establecida en México. Actualmente es común encontrar, en diversas tiendas de las principales ciudades de México, bolsas de plástico con cuerpos frutíferos secos de *Auricularia* spp., importados de China y Taiwan. La posibilidad de exportación de este hongo, dado lo restringido del mer-

sustitución representa fuertes gastos adicionales colaterales a la producción, los cuales influyen significativamente en los costos finales. Es por ello que sería conveniente su vinculación paulatina con los pocos grupos de investigación que ya existen en México, con objeto de aumentar y diversificar en el futuro la oferta de hongos de alta calidad a precios cada vez más bajos.

El primer acercamiento formal en este sentido se dio en el simposio

"Cultivo Industrial de Hongos Comestibles"²⁴ en 1986, organizado en el seno del 2o. Congreso Nacional de Micología, en Oaxtepec, Morelos. Encuentros de este tipo serían no sólo deseables, sino necesarios para en el futuro consolidar una industria más autónoma, eficiente y altamente competitiva.

Como ya se mencionó, el cultivo moderno del champiñón en los países industrializados se encuentra bastante

mecanizado con equipo especializado. En México, la mayor parte del proceso se realiza manualmente (preparación del sustrato, inoculación o siembra, regado y cosecha de los hongos), por el bajo costo de la mano de obra. Sin embargo, uno de los retos más serios que enfrentan actualmente las empresas mexicanas son los problemas laborales. En el futuro, esto podría generar una tendencia a la mecanización del proceso de cultivo, lo cual reduciría drásticamente su capacidad para la generación de empleos y la capacitación empírica de recursos humanos en este campo.

Por diversas razones, en el corto plazo, la exportación de hongos comestibles cultivados en México hacia países con una creciente demanda y elevados volúmenes de importación, como son Estados Unidos y Canadá, se encuentra bastante limitada tanto para los hongos frescos como enlatados. Dichos mercados exigen productos de excelente calidad (tamaño, limpieza, tipo de corte), así como suministros grandes y estables; condiciones difíciles de cumplir en las circunstancias actuales. Además, la fuerte competencia comercial que ofrecen las empresas asiáticas de Taiwan, China, Hong Kong y Corea del Sur, así como las elevadas cuotas arancelarias y aduanales en Norteamérica, sobre todo para el producto fresco, constituyen barreras adicionales. Se espera que con la apertura comercial que se está dando en México, la exportación de hongos comestibles pueda volverse más atractiva.

En el país existe hoy la creencia generalizada de que la producción comercial de hongos comestibles es un negocio extraordinariamente redituable, de fácil y rápida recuperación, que requiere poca experiencia y una inversión bastante pequeña. En el contenido del presente artículo pueden apreciarse los principales obstáculos que han tenido los pioneros de esta industria, así como el tiempo que les ha tomado consolidarla. Para lograr una producción rentable y exitosa, el productor debe enfrentarse a un proceso complejo que implica no sólo un profundo conocimiento de las técnicas de producción, sino también nociones básicas de microbiología, ingeniería ambiental y comercialización. Esto únicamente puede lograrse a través de una larga y sólida experiencia.



Figura 11. Cultivo comercial de setas (*Pleurotus ostreatus*) a pequeña escala, en la planta propiedad del contador público Alfredo Flores Stauffert, en Xalapa, Veracruz.



Figura 12. Diferentes etapas de desarrollo de los cuerpos fructíferos de *Volvariella volvacea*, cultivados sobre paja de cebada.

Finalmente, para lograr que la producción de hongos comestibles sea una actividad más popular en todo el país, como ya lo es en Estados Unidos y Europa, se deberá estimular, primero, la formación de científicos y técnicos especializados mediante programas y cursos de capacitación. Ejemplo de esto fue el primer curso teórico-práctico impartido en México en este campo, llevado a cabo en 1986, en Xalapa, Veracruz.²⁵ También será necesario promover la investigación básica y aplicada en esta área, dada la considerable dependencia del extranjero en lo que respecta a la información esencial para desarrollar el proceso.¹⁰

Agradecimientos

Los autores manifiestan su sincero agradecimiento al señor Rodolfo Leben Stavar, por haber proporcionado las figuras 1, 2, 3a-b, 4, 5, 6, 7 y 9 para este artículo.

NOTAS

(a) Vocablo proveniente del francés *champignon* que significa hongo.

(b) Este cultivo tuvo su origen en los alrededores de París, Francia, a mediados del siglo XVI², cuando se observó que el champiñón aparecía frecuentemente en las pilas fermentadas, formadas a partir de los residuos del cultivo de melón. Posteriormente, como una forma primitiva y rústica de cultivo, los cultivadores de melón trasplantaban el sustrato silvestre invadido por el micelio (fase vegetativa) del hongo a nuevas pilas fermentadas preparadas *ex profeso*. A finales del siglo XVII se descubrió que su cultivo podía realizarse en forma más estable y prolongada dentro de cuevas subterráneas. A partir de ese momento, dicho método comenzó a utilizarse en la mayoría de los países europeos, pasando a Estados Unidos alrededor de 1890.

(c) Este método fue muy popular en Francia, Holanda e Italia, en los inicios del cultivo del champiñón, ya que se adaptaba perfectamente al cultivo en cuevas. Los camellones de sustrato (material donde se producen los hongos) eran aproximadamente de 60 cm de ancho por 50 cm de altura. Bajo condiciones óptimas,³ los rendimientos obtenidos alcanzaban hasta 2.5 kg/m².

(d) Palabra castellanizada, proveniente probablemente del término alemán *kompot*, que significa estiércol. Sin embargo, en la industria del champiñón se utiliza para designar a la mezcla fermentada de estiércol, paja y otros nutrientes de origen vegetal que se usará para el cultivo del hongo.

(e) El inóculo en los hongos tiene el mismo papel que la semilla en las plantas. Su elaboración consiste en seleccionar un medio orgánico adecuado para el desarrollo del micelio del hongo. Dicho medio funciona como

un vector para trasladar el micelio del hongo al sustrato donde desea cultivarse.⁴ En esa época, el inóculo o "semilla" se elaboraba a través del método conocido como "micelio en bloques", desarrollado en Inglaterra en el siglo XVIII. Su elaboración consistía en preparar una mezcla de estiércol fermentado de establo, estiércol de vaca y una pequeña cantidad de barro, la cual era inoculada con micelio silvestre del hongo. Los bloques en forma de ladrillo, aproximadamente de 15 x 23 x 5 cm, se elaboraban con la ayuda de un molde de madera. El bloque se comercializaba cuando el micelio lo colonizaba completamente; también podía deshidratarse para almacenarse, o incluso exportarse a otros países.⁵ Sin embargo, este tipo de inóculo permitía el crecimiento de otros organismos, además del micelio del hongo. Esto ocasionaba que al sembrarse en el sustrato se desarrollaran colateralmente diversos insectos y enfermedades que perjudicaban al cultivo.

(f) La pasteurización es un proceso que elimina organismos perjudiciales (insectos, nemátodos, mohos) para el cultivo y se adecua el sustrato para el desarrollo óptimo del hongo. El compost se somete a una temperatura de 58-62°C, durante 4-6 horas en un local especial; después se deja descender paulatinamente la temperatura de 58 a 48°C, con objeto de permitir el desarrollo de una flora microbiana que degrade adecuadamente el sustrato. Hoy en día, bajo condiciones comerciales, este proceso de pasteurización controlada dura de 7 a 10 días.

(g) El nombre completo de la persona no pudo averiguarse. Su apellido aparece escrito tal y como lo pronuncian las personas que le recuerdan.



Figura 13. Producción de shii-take (*Lentinula edodes*) en el Colegio de Posgraduados (CEICADAR), empleando aserrín de encino como sustrato.

(h) En esa época, el inóculo ya se elaboraba con el apoyo de los dos grandes descubrimientos que revolucionaron la industria del cultivo comercial de los hongos comestibles. El primero fue aquél que permitía el aislamiento y manejo de cultivos puros del micelio de champiñón en el laboratorio, a partir de las esporas o del contexto o "carne" del hongo, también llamado cuerpo fructífero. Estos métodos fueron desarrollados por los franceses Constantin y Matruchot en 1893⁶ y por el estadounidense Duggar en 1905⁵. El segundo gran paso fue desarrollado por J. W. Sinden⁷, quien patentó en 1932, en Estados Unidos, un procedimiento para la elaboración de inóculo o "semilla" de champiñón, empleando granos de trigo estériles. Ambos procedimientos permitieron contar con "semilla" de alta calidad, libre de insectos y enfermedades, y que podía distribuirse homogéneamente en el sustrato logrando una colonización más rápida y eficiente.

(i) Nombre que se aplica a todas aquellas especies de hongos en forma de sombrero.⁸

(j) Este método fue desarrollado originalmente en Dinamarca en 1959.⁹ Permite la reducción de los costos de inversión y un manejo más práctico del sustrato al inicio de una planta de producción.

(k) Vocablo japonés que significa "hongo que crece en el árbol shii". Éste es un miembro del género *Pasania*.



Figura 14. Diferentes etapas de desarrollo de los cuerpos fructíferos del hongo *Auricularia fuscusuccinea* (conocido en México como "orejas"), cultivados sobre aserrín.

REFERENCIAS

1. Carvalho, F., *Explotación comercial de los hongos comestibles*, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México, 1941, 65 pp.
2. Delmas, J., "Cultivation in Western Countries: Growing in Caves" en S. T. Chang y W. A. Hayes (Eds.), *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*, Academic Press, Nueva York, EE.UU., 1978, pp. 251-298.
3. Duggar, B. M., *The Cultivation of Mushrooms*, U. S. Department of Agriculture, Bulletin 204, Washington, D. C., EE.UU., 1904, 24 pp.
4. Martínez-Carrera, D., C. Soto, P. Morales y G. Guzmán, "El cultivo de los hongos comestibles", *Ciencia*, vol. 39, 1988, pp. 217-221.
5. Duggar, B. M., *The Principles of Mushroom Growing and Mushroom Spawn Making*, U. S. Department of Agriculture, Bulletin 85, Washington, D. C., EE.UU., 1905, 60 pp.
6. Constantin, J. y C. Matruchot, "Nouveau procédé de culture du champignon de couche", *Compt. Rend. de l'Acad. des Sci.*, vol. 117, núm. 2, 1893, pp. 70-72.
7. Sinden, J. W., *Mushroom Spawn Prepared From Grain*, 1932, United States Patent 1 869 517.
8. Alonso, M., *Diccionario del español moderno*, Ed. Aguilar, S. A., Madrid, España, 1975, 1100 pp.
9. Edwards, R. L., "Cultivation in Western Countries, Growing in House" en S. T. Chang y W. A. Hayes (Eds.), *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*, Academic Press, Nueva York, EE.UU., 1978, pp. 299-336.
10. Martínez-Carrera, D., "Past and Future of Edible Mushroom Cultivation in Tropical America", *Mushroom Science*, vol. 1, núm. 12, 1989, pp. 795-805.
11. Chang, S. T., "The Origin and Early Development of Straw Mushroom Cultivation", *Economic Botany*, vol. 31, pp. 374-376.
12. Chang, S. T. y P. G. Miles, *Edible Mushrooms and Their Cultivation*, CRC Press, Boca Ratón, 1989, 345 pp.
13. Leal-Lara, H., R. Ramírez-Carrillo y S. Leguizamo-Ferrer, "Degradación de materiales lignocelulósicos por *Volvariella volvacea*", *1er. Congr. Nal. Mic.* (resúmenes), Xalapa, Ver., 1982, 78 pp.
14. Leguizamo-Ferrer, S. y R. Ramírez-Carrillo, *Degradación de materiales lignocelulósicos por *Volvariella volvacea**, tesis profesional, Universidad Motolinía, México, 1984, 137 pp.
15. Martínez-Carrera, D., M. Quirarte, C. Soto, D. Salmones y G. Guzmán, "Perspectivas sobre el cultivo de hongos comestibles en residuos agroindustriales en México", *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología*, vol. 19, México, 1984, pp. 207-219.
16. Martínez-Carrera, D., S. T. Chang y S. N. Mok, "Cultivation of the Edible Mushroom *Volvariella volvacea* on Three Different Composts in Hong Kong", *Revista Mexicana de Micología*, vol. 1, México, 1985, pp. 227-238.
17. Vela, R. M. y D. Martínez-Carrera, "Cultivation of *Volvariella bakeri* and *V. volvacea* in Mexico: A Comparative Study", *Mushroom Journal for the Tropics*, vol. 9, 1989, pp. 99-108.
18. Leatham, G. F., "Cultivation of Shiitake, the Japanese Forest Mushroom on Logs: A Potential Mushroom Industry for the United States", *Forest Products Journal*, vol. 32, EE.UU., 1982, pp. 29-35.
19. Mee, H. M., *Method for Growing Wood Mushrooms*, 1978, United States Patent 4 127 965.
20. Castillo, J., C. Flores, R. Gaitán y T. Arizmendi, "Medios sólidos para el mantenimiento de cepas de shii-take (*Lentinus edodes*), su cultivo en laboratorio y campo", *2o. Congr. Nal. Mic.* (resúmenes), Oaxtepec, Morelos, 1986, 128 pp.
21. Castillo, J., "El cultivo de hongos en el noreste del país", *Enlace Docente*, núm. 11, 1988, pp. 8-11.
22. Morales, P. y D. Martínez-Carrera, "Cultivation of *Lentinula edodes* in Mexico", *Micología Neotropical Aplicada*, vol. 3, 1990 (en prensa).
23. Pérez, R. y D. Martínez-Carrera, "Cultivo y determinación del patrón de sexualidad de cepas mexicanas de *Auricularia fuscusuccinea*", *3er. Congr. Nal. Mic.* (resúmenes), Cd. Victoria, 1988, 140 pp.
24. Martínez-Carrera, D., "Simposium sobre el cultivo industrial de hongos comestibles. Introducción", *2o. Congr. Nal. Mic.* (resúmenes), Oaxtepec, Morelos, 1986, 194 pp.
25. Martínez-Carrera, D., P. Morales, M. Sobal y G. Guzmán, "A Training Course on the Cultivation of Edible Mushrooms in Tropical America", *Mushroom Journal for the Tropics*, vol. 7, 1987, pp. 113-114.