

Microscopio
de efecto túnel

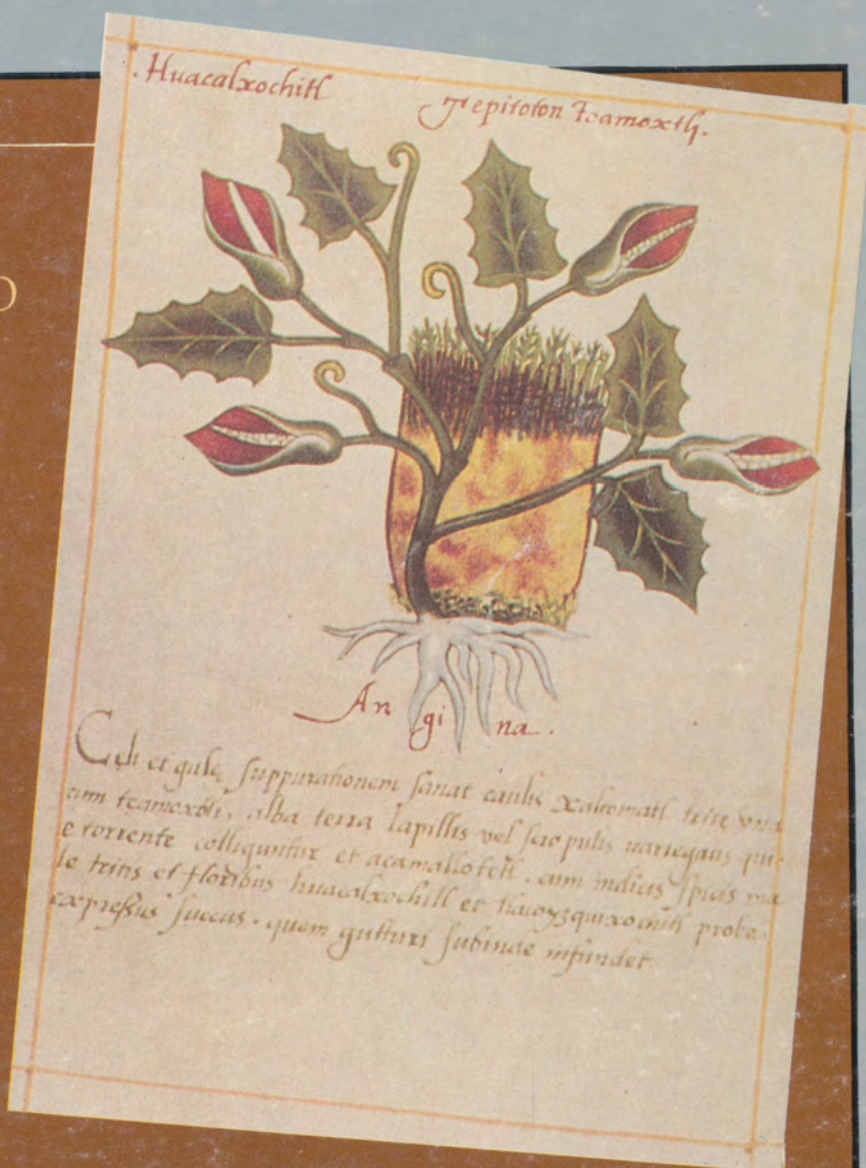
noviembre
diciembre
1990
vol. XVI
núm. 95

ciencia y desarrollo

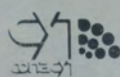
CÓDICE DE LA
CRUZ-BADIANO

CIEN
PREGUNTAS
SOBRE EL SNI

ERWIN SCHRÖDINGER



ISSN 0185-0008



CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

MÉXICO (PECE) \$5000
EXTRANJERO U S \$6.00

Biotecnología en la producción de hongos comestibles*

por Daniel Martínez-Carrera¹ y Alfonso Larqué-Saavedra²

En México, el proyecto económico de crecimiento demanda un acelerado proceso de industrialización. Éste, a su vez, exige a la población rural modernizar sus mecanismos de producción alimentaria y adaptarse a nuevas condiciones culturales y socioeconómicas

En los tiempos recientes se anunció que la biotecnología participará de manera decisiva en la agricultura, definida ésta como "la actividad en la cual el hombre, en un ambiente dado maneja los recursos naturales, la calidad y la cantidad de energía disponible y los medios de información para producir y reproducir los vegetales que satisfacen sus necesidades."¹ Sin embargo, conviene anotar que la biotecnología de este rubro ha puesto mayor atención en el mejoramiento de plantas cultivadas y animales domésticos, con el objeto fundamental de acelerar cambios al desarrollar metodologías y técnicas bastante complejas, cuya aportación para el logro

de su meta se espera que pronto muestre sus bondades.

Se considera que la recolección de hongos se enmarca dentro de la agricultura. Su consumo por el hombre debe ser ancestral; de hecho, los registros más antiguos señalan que hace aproximadamente 4 000 años ya se consumían en la India.² En nuestro país, el consumo de hongos es común y se ha reportado desde tiempos prehispánicos.³

Actualmente, se sabe que existen más de 200 especies de hongos comestibles que crecen en diversos tipos de vegetación.^{4,5} Los campesinos los colectan discriminando los tóxicos o venenosos de los comestibles. Los informes etnobotánicos refieren con frecuencia que existe una cultura botánica en el campesinado en torno a los hongos y éstos constituyen parte de su dieta alimenticia. Debe recalcarse, sin embargo, que obtienen



Figura 1. Laboratorio de producción de inóculo o semilla para el cultivo de hongos comestibles, en el Colegio de Posgraduados (CEICADAR), Puebla, Pue. Véanse los frascos de semilla en el anaquel izquierdo

* 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 Colegio de Posgraduados,
Centro de Botánica
Universidad Autónoma Chapingo



Figura 2. Módulo donde se realiza investigación aplicada sobre la producción de hongos comestibles (*Pleurotus spp.* y *Lentinula spp.* y se imparte capacitación a productores interesados. Obsérvese un cultivo experimental de hongos producidos a partir de paja de cebada y rastrojo de maíz

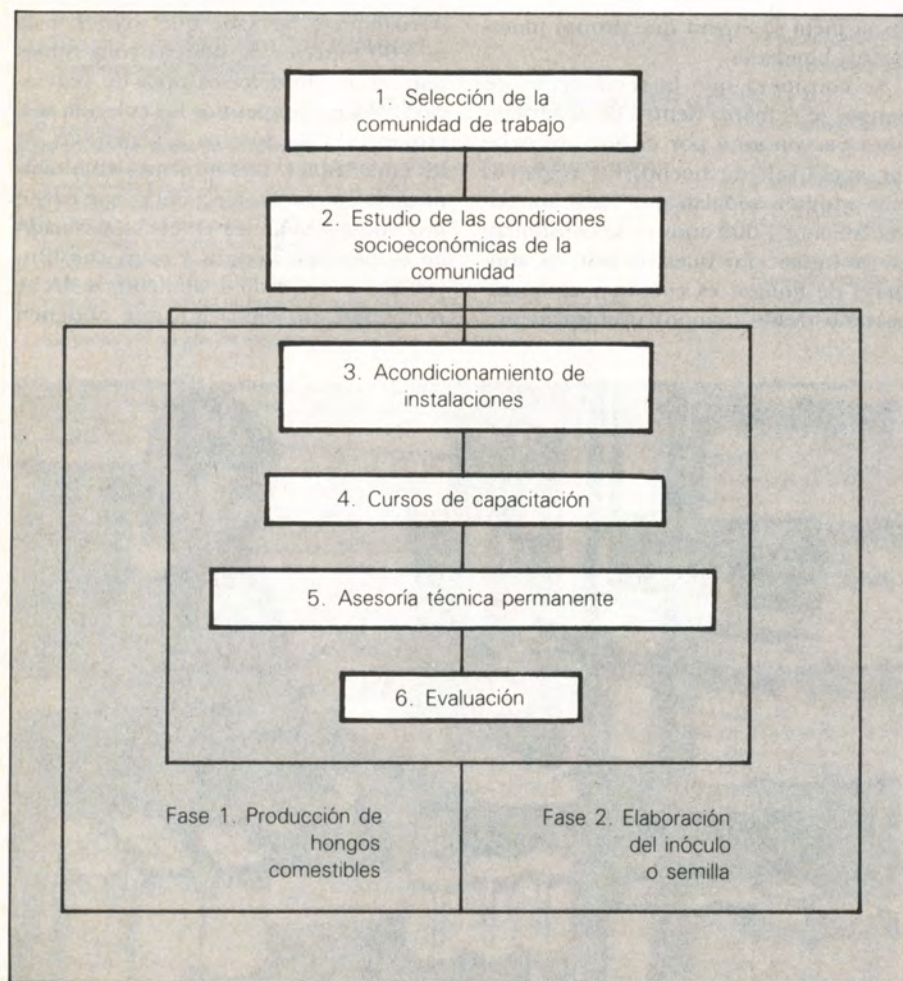


Figura 3. Esquema que muestra la estrategia planteada para la transferencia al sector rural mexicano de la biotecnología de producción de hongos comestibles en los niveles comunitario y/o de autoconsumo

los hongos por recolección y que no poseen conocimientos de cómo controlar su producción o cultivo. Se destaca este señalamiento porque México ha sido reiteradamente señalado como uno de los centros de origen y domesticación de plantas cultivadas y sorprende el hecho de que los grupos humanos no se hayan aplicado al cultivo rústico de los hongos; tal y como sucedió en los siglos XVI y XVIII en Europa y el sureste de Asia, respectivamente. Anotación esta última que requiere de estudio para poder ser sustanciada en forma convenientemente.

Dentro de la enorme variedad de hongos comestibles de la naturaleza existen especies micorrícicas (asociadas a las raíces de los árboles), parásitas o saprófitas. Estas últimas actúan como degradadoras de la materia orgánica y tienen requerimientos nutricionales relativamente sencillos. Por esta razón se han logrado cultivar diversas especies de hongos comestibles bajo condiciones de laboratorio e incluso, por su fácil manejo, se han logrado producir comercialmente.⁶

El cultivo de los hongos comestibles es una actividad que se desarrolla ampliamente en diversas partes del mundo, como Estados Unidos, Europa y el sureste de Asia, y alcanzan una producción anual que supera las 1 400 000 toneladas.⁷ En los últimos años, esta biotecnología se ha convertido en verdadera alternativa en la obtención de alimentos para el consumo humano, por la posibilidad de obtener grandes cantidades en pequeñas áreas mediante técnicas sencillas, a bajo costo, en cortos periodos de tiempo y empleando residuos agroindustriales como sustrato para su cultivo. El valor nutricional de los hongos comestibles es notable, ya que constituyen una magnífica fuente de proteínas por contener hasta 35% en base seca. Este dato es significativo si se compara con el 13.2% del trigo y 25.2% de la leche. Además, contienen vitaminas como la B1, B2, B12, C, D, niacina y ácido pantoténico, así como ácidos grasos insaturados y un bajo contenido calórico.

En América Latina y específicamente en México, el cultivo de hongos comestibles se encuentra muy poco desarrollado,⁸ a pesar de la potencialidad que existe en la región para cultivar hongos que se desarrollan en forma silvestre y de la tradición por su consumo.

El Colegio de Posgraduados, acorde con su filosofía y objetivos de creación, está facultado, entre otras cosas, para generar estrategias que puedan favorecer un mejor desarrollo agrícola. En 1989 inició una línea de investigación con objeto de transferir la biotecnología de producción de hongos comestibles al sector rural, a través de su Centro de Enseñanza, Investigación y Capacitación para el Desarrollo Agrícola Regional (CEICADAR), y con la colaboración de la Universidad China de Hong Kong. Para ello se estableció en el Colegio una sólida infraestructura, formada por un cepario dedicado exclusivamente al manejo y conservación de diferentes especies de hongos comestibles adaptables a distintas condiciones climáticas; un laboratorio para elaboración de inóculo o "semilla" (véase figura 1), y un módulo donde se realiza investigación y capacitación para la producción de hongos comestibles (véase figura 2).

Este proyecto, pionero en su género

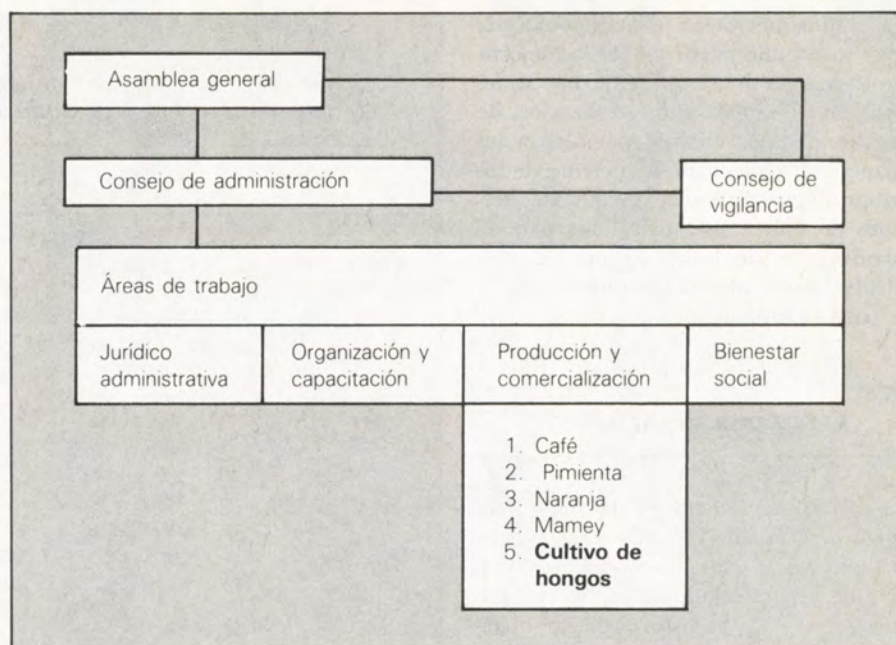


Figura 4. Organigrama de la estructura administrativa de la sociedad cooperativa agropecuaria regional *Tosepan Titataniske*, de Cuetzalan, Puebla



Figura 5. Miembros de la cooperativa regional *Tosepan Titataniske* (Cuetzalan, Puebla) colocando anaqueles de madera con cuatro camas para la producción de hongos comestibles

en Latinoamérica, se plantea como una alternativa que puede ayudar a mejorar tanto la dieta del campesino como su ingreso mediante la comercialización de los hongos. Asimismo, permitiría un manejo más adecuado y eficiente de los subproductos agrícolas, los cuales, después de haber sido utilizados para la producción de hongos, pueden emplearse como abono orgánico o forraje para el ganado.⁹

Estrategia desarrollada

La técnica para el cultivo de hongos comestibles consta de dos partes fundamentales: la elaboración del inóculo o semilla y la producción de hongos comestibles.¹⁰ La transferencia de dicha biotecnología al sector rural está dividida en dos fases fundamentales con seis etapas, las cuales pueden apreciarse en la figura 3.

Zona de influencia por municipio, de la sociedad cooperativa agropecuaria regional Tosepan Titataniske de Cuetzalan, Puebla

Estado	Municipio	Comunidades organizadas en la cooperativa
Puebla	Cuetzalan*	36
	Jonotla	5
	Tuzamapan de Galeana	4
	Tlatlauquitepec	3
	Xochitlán	3
	Nauzontla	3
	Zoquiapan	2
	Ixtepec	2
	Zapotitlán	2
	Huehuetla	1
	Yaonahuac	1
Veracruz	Zozocolco de Hidalgo	2

* Sede de la cooperativa

Cuadro



Figura 6. Capacitación de los miembros de la cooperativa para la producción de hongos comestibles a partir de desechos agrícolas

En las primeras etapas se realizó un estudio socioeconómico general a diversas comunidades campesinas, con objeto de seleccionar aquella con una tradición significativa en el consumo de hongos comestibles silvestres, con abundantes subproductos agrícolas regionales potencialmente utilizables para la producción de hongos y donde existiera una organización mínima que permitiera la realización del estudio, tanto a nivel comunitario como de autoconsumo. Las etapas subsiguientes que comprenden instalaciones, cursos de capacitación, asesoría y evaluación están agrupadas para desarrollarse tanto en la fase 1 (producción de hongos comestibles), como en la fase 2 (elaboración de inóculo o semilla). Para todas estas etapas se contó con la experiencia e información de la investigación realizada en el CEICADAR, en el "Plan Puebla" durante 20 años.

Panorama socioeconómico de la comunidad

La comunidad seleccionada se localiza en la población de Cuetzalan, Puebla; se encuentra bien organizada dentro de la sociedad cooperativa agropecuaria regional *Tosepan Titataniske* (vocablo nahuatl que significa "unidos venceremos"), fundada en 1980. Actualmente, cuenta con más de 120 000 miembros, agrupados en 8 600 familias pertenecientes a 64 comunidades de 11 municipios de Puebla y uno de Veracruz (véase cuadro). La mayoría de los miembros es bilingüe (español-nahuatl, español-totonaco).

El área de influencia de la cooperativa abarca, aproximadamente 7 500 hectáreas., ubicadas entre las coordenadas 19° 56' 18" a 20° 11' 08" latitud norte y 97° 23' 37" a 97° 37' 06" longitud oeste. El área posee un clima subtropical húmedo, con una precipitación media anual de 2 250 mm, y temperatura promedio anual de 18 a 24°C.

Por las condiciones climáticas de la región, las cuales favorecen una abundante producción natural de hongos durante la época de lluvias (junio-septiembre), se observa un consumo significativo de hongos silvestres por parte de los miembros de la cooperativa. Gracias al conocimiento tradicio-



Figura 7. Pasteurización rústica del sustrato (paja de cebada), introduciéndolo en cilindros de malla para posteriormente sumergirlo en agua caliente a 70°C

nal, los campesinos recolectan dichos hongos, asignándoles nombres vernáculos para diferenciarlos. Tal es el caso, por ejemplo, del *xononanacatl* [*Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm]; *elonanacatl* [*Ustilago maydis* (DC.) Corda], y el *totolcotzcatl* [*Rhodophyllus abortivus* (Berk. & Curt.) Sing.]. Además, en esa región y en sus alrededores se generan cantidades abundantes de subproductos agrícolas, tales como el rastrojo de maíz, pajas de trigo y cebada y pulpa de café, que se tiran a los ríos ocasionando serios problemas de contaminación ambiental. Dichos subproductos constituyen excelentes sustratos para la producción de hongos.^{8, 11}

La mayoría de los socios son pequeños productores de origen nahuatl y to-

tonaca, con unidades de producción de 1 a 1.5 ha. en promedio. Ahí cultivan principalmente café¹² (48 000 quintales/año) y pimienta (200 toneladas/año) como productos comerciales, así como pequeñas cantidades de maíz para autoconsumo. Por el déficit de producción que hay en la región, el maíz se traslada de otros lugares generando fuertes problemas de especulación. La tierra ejidal es muy escasa (menos del 10%). La posibilidad de acceso a créditos bancarios por parte de los productores es prácticamente nula, ya que el minifundio es predominante, disperso y la tenencia de la tierra no se encuentra protocolizada. Estas condiciones hacen que el nivel de vida de la comunidad sea bastante bajo. Además de campesinos



Figura 8. Participación de una mujer campesina, miembro de la cooperativa, en el manejo, cuidado y cosecha de los hongos comestibles

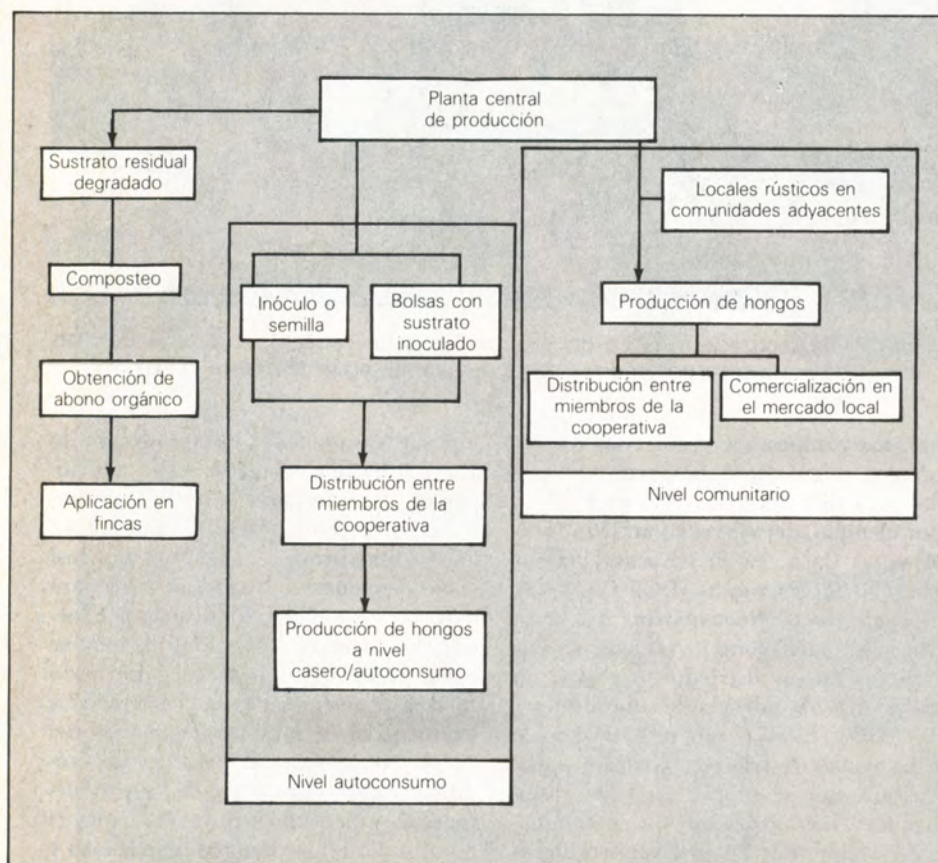


Figura 9. Diagrama que muestra la transferencia de la biotecnología de producción de hongos comestibles en su fase 1, la cual contempla la producción en los niveles comunitario y de autoconsumo, y el manejo de sustrato residual degradado por la acción del hongo

pobres, también se han agrupado en el seno de la cooperativa diversos jornaleros, artesanos, amas de casa, albañiles y carpinteros.

En las comunidades, las viviendas son de madera y constan de un solo cuarto que funciona como cocina, comedor, dormitorio y bodega. Las pocas casas que pueden observarse son de piedra, con techo de lámina de dos aguas. Más del 50% de las familias se alimentan con una dieta a base de maíz, frijol, chile y café.

La cooperativa cuenta con una estructura administrativa definida, cuyo organigrama se muestra en la figura 4. La máxima autoridad dentro de la cooperativa es la asamblea general; el consejo de administración maneja los recursos económicos, materiales y humanos, y el de vigilancia supervisa la disciplina dentro de la organización. El consejo de administración (formado por un presidente, un secretario y un tesorero) ejecuta acciones dentro de cuatro áreas fundamentales, a saber: jurídico-administrativa, organización y capacitación, producción y comercialización y bienestar social. En cada área se cuenta con el apoyo de comisionados responsables de reconocida experiencia.

Por medio de pláticas sostenidas con el consejo de administración y con las asambleas que ordinariamente realiza la cooperativa, se obtuvo un avance significativo al lograr que la biotecnología de producción de hongos comestibles, gracias a las ventajas que ofrece, se incorporara como una actividad formal del área de trabajo de producción y comercialización, nombrándose el comisionado respectivo.

Fase 1. Producción de hongos comestibles

Construcción de la planta y cursos de capacitación

Con fondos de la propia cooperativa y la participación de diversos miembros de la comunidad (véase figura 5) se instaló y acondicionó una planta productora de hongos comestibles (*Pleurotus spp.*), que funcionaría también como unidad central de capacitación. Dicha planta abarca cerca de 300 m² y consta de cuatro áreas: fermentación o hidra-

tación del sustrato; pasteurización; siembra o inoculación, y desarrollo y cosecha de hongos comestibles. El área de inoculación o siembra consta de dos mesas de madera cubiertas por un plástico; para el área de desarrollo y cosecha de los hongos se construyeron anaqueles de madera con cuatro camas cada uno, de acuerdo con el modelo propuesto por Martínez-Carrera.⁹

En esta unidad se han impartido cursos de capacitación a más de 60 miembros de distintas comunidades elegidos por la asamblea de la cooperativa (véase figura 6). En esos cursos se entrenó a los productores en la preparación y tratamiento del sustrato, como son la fermentación, el picado, el hidratado y la pasteurización¹³⁻¹⁴ (véase figura 7); manejo de inóculo o "semilla" del hongo y su siembra en el sustrato pasteurizado; introducción del sustrato inoculado en bolsas de plástico y su colocación en los anaqueles, y cuidado y cosecha de los hongos. Se hizo especial énfasis en estimular la participación de la mujer campesina (véase figura 8). En esta fase, el inóculo es elaborado en el laboratorio del Colegio de Posgraduados (CEICADAR).

Asimismo, se realizaron la transferencia de la biotecnología a niveles comunitario y de autoconsumo, y el manejo del sustrato residual degradado por la acción del hongo (véase figura 9). Con la participación de grupos de 15 miembros capacitados se ha logrado una producción estable y significativa de hongos comestibles a nivel comunitario (véanse figuras 10-12a-b). Los rendimientos promedio obtenidos son de un kilogramo de hongos comestibles por cada 6 o 7 kg de sustrato húmedo (paja de cebada y rastrojo de maíz). Cada quince días, los fines de semana, dichos miembros dedican honoríficamente una jornada a la producción de hongos en la planta central. Esto ha motivado el interés de los participantes, porque están conscientes de las siguientes ventajas del mecanismo: 1. Gracias al trabajo comunitario, el costo de producción de los hongos obtenidos es muy bajo (aproximadamente \$ 1 500/kg, Dlls. \$ 0.55/kg, beneficiándose así todos los miembros de la cooperativa; 2. Los participantes logran en corto plazo una mayor capacitación al acelerar el proceso de asimilación tecnológica; 3. En caso de excedentes, los hongos podrían comer-



Figura 10. Inoculación o siembra del hongo en el sustrato pasteurizado (paja de cebada), con la semilla previamente elaborada y su introducción en bolsas de plástico (50 x 70 cm)



Figura 11. El campesino hace pequeños orificios en las bolsas de plástico con sustrato inoculado para favorecer el desarrollo del hongo. Posteriormente, esas bolsas son colocadas sobre las camas en los anaqueles



a



b

Figura 12a-b. Producción de cuerpos fructíferos del hongo (*Pleurotus*) en la planta central de la cooperativa, en Cuetzalan, Puebla, tres semanas después de haber sido sembrado o inoculado en el sustrato. Este hongo es muy conocido en la región como *xononanacatl* u "hongo de jonote"; a. Cosecha de los hongos cortándolos por su base; b. Introducción de los hongos cosechados en bolsas de plástico para su distribución, a bajo costo, entre los miembros de la cooperativa, o en el mercado local

cializarse frescos en el mercado local o deshidratados (mediante técnicas sencillas) a nivel nacional o internacional y generar ingresos adicionales a la cooperativa, y 4. Si otros miembros de la cooperativa desearan capacitarse, bastaría con que se integraran al proceso de producción hasta que aprendieran íntegramente la técnica.

Actualmente, los hongos producidos tienen gran demanda, ya que la cooperativa los comercializa a \$ 4 000 kg, precio bastante accesible para los miembros si se le compara por ejemplo con el costo del frijol en la región, el cual llega a venderse hasta \$ 7 000 kg.

La producción de hongos a nivel de autoconsumo se lleva a cabo proporcio-

nando frascos de inóculo o semilla a productores interesados, quienes por iniciativa propia han producido hongos comestibles bajo condiciones muy rústicas y en comunidades alejadas de la planta central, como puede observarse en la figura 13. Asimismo, se distribuye entre los productores sustrato inoculado en bolsas de plástico de 50 x 70 cm, quienes al trasladarlo a sus respectivas casas y seguir las recomendaciones del entrenamiento recibido obtienen sus propios cuerpos fructíferos (hongos).

Para el manejo del sustrato residual del cultivo de hongos se capacita a los productores para compostearlo, apilándolo en montones piramidales, adicionándole materiales con alto contenido de nitrógeno, como son los desechos animales y llevándolo a una humedad de 70 a 80%. Una vez degradado, dicho material se convierte en un excelente abono orgánico que puede aplicarse directamente en las fincas mejorando la estructura, la capacidad de retención de agua y el intercambio catiónico del suelo y disminuyendo su erosión.

Fase 2. Elaboración del inóculo o semilla

Esta fase será transferida cuando se considere que los productores han asimilado adecuadamente la técnica de producción de hongos comestibles. Se espera que esto ocurra aproximadamente en dos años. La infraestructura que se requiere es la instalación de una unidad de elaboración, manejo y propagación de inóculo o "semilla", la cual quedaría ubicada a un lado de la planta central de producción de hongos.

Una vez terminada la instalación, se seleccionará a los cinco miembros mejor capacitados quienes recibirán adicionalmente un entrenamiento intensivo sobre la elaboración, el manejo y la propagación de "semilla" en las instalaciones del Colegio de Posgraduados (CEICADAR). Con los conocimientos adquiridos, los participantes podrían elaborar por sí mismos el inóculo que requiera la cooperativa, apoyados por la asesoría técnica permanente.

Cultivo de otras especies

Lentinula edodes (Berk.) Pegler es otro hongo comestible potencialmente cultivable en México⁸ y adaptable para su producción a nivel rural, como en el caso anteriormente descrito. El Colegio de Posgraduados, en colaboración con la Universidad de Wisconsin, EE.UU., ha iniciado investigaciones tendientes al

cultivo de esta especie en nuestro país. Actualmente, se han obtenido buenos resultados empleando aserrín de diversas plantas subtropicales de rápido crecimiento y troncos de diversos árboles (véase figura 14). El cultivo a mayor escala de este hongo a nivel comunitario representaría una actividad económicamente muy redituable, tanto por los bajos costos de producción, como por el amplio mercado y alto valor que alcanza en el comercio internacional, donde se le conoce comúnmente como *shii-take*.¹⁵



Figura 14. Cultivo de hongo comestible *Lentinula edodes* empleando troncos como sustrato. Esta especie se estudia actualmente en el Colegio de Posgraduados y es potencialmente cultivable

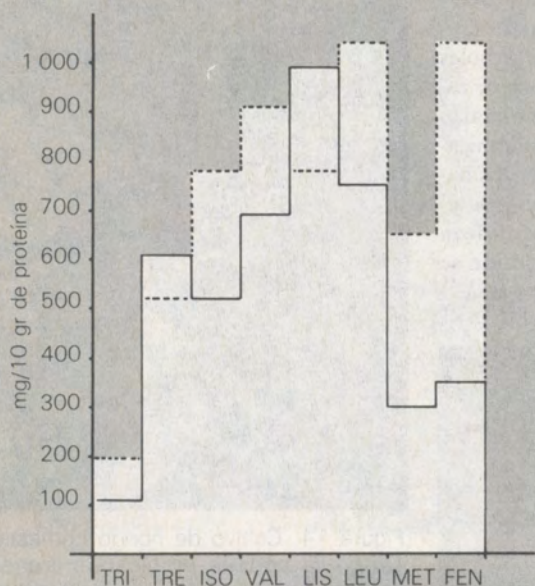


Figura 13. Producción para autoconsumo de hongos comestibles (*Pleurotus*) en un local rústico de la comunidad de Santiago Yanquictlalpan, cercana a Cuetzalan, Puebla. Nótese la participación de los niños campesinos en la cosecha y el manejo de los hongos

Modernización agrícola

Actualmente, nuestro país se encuentra inmerso dentro de un proyecto económico que prevé un acelerado proceso de industrialización y modernización en todos sus ámbitos. La población que habita en las grandes áreas rurales de México, superior al 50%,¹⁶ se enfrenta al difícil reto de adaptarse a las nuevas condiciones culturales y socioeconómicas, o quedar en un estado de mayor marginación y rezago. En este sentido, la situación alimentaria en el campo mexicano constituye uno de los rezagos más preocupantes, el cual podría agravarse aún más en las circunstancias actuales. Los balances proteínicos de la dieta rural son francamente desfavorables para las comunidades del país.

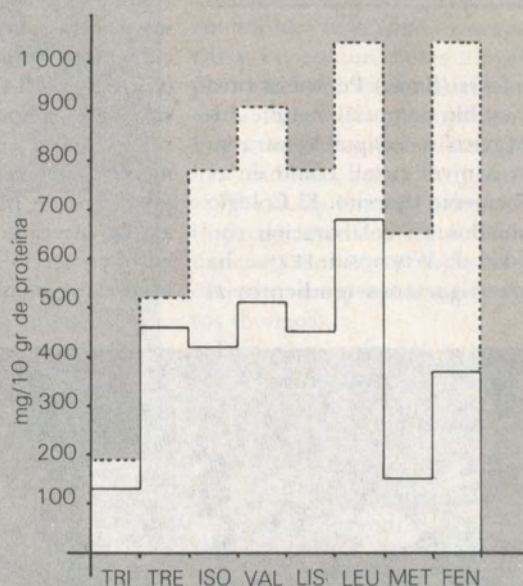
La producción de alimentos en el país es notablemente deficitaria y se enfrenta a problemas complejos de producción, manejo, conservación, abasto y comercialización, lo cual ha provocado una creciente importación de productos básicos. Existen marcadas tendencias sobre una mayor escasez de alimentos y una menor capacidad de compra de la población rural que podrían provocar una crisis grave.



Pleurotus sp. cfr. Florida

—mg de aminoácidos esenciales en 436.6 gr de hongos frescos con 10 gr de proteína

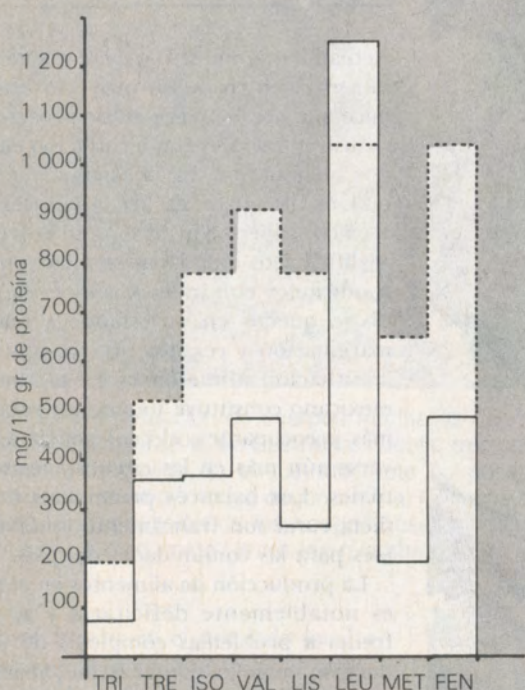
Total de aminoácidos esenciales en 10 gr de proteína = 4 320 mg



Pleurotus ostreatus (Jacq. ex Fr.) Kumm.

—mg de aminoácidos esenciales en 358.4 gr de hongos frescos con 10 gr de proteína

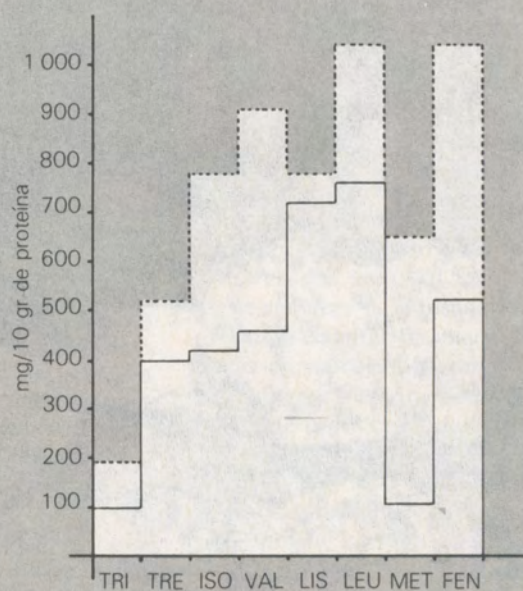
Total de aminoácidos esenciales en 10 gr de proteína = 3 170 mg



Maíz

—mg de aminoácidos esenciales en 105.2 gr de maíz con 10 gr de proteína

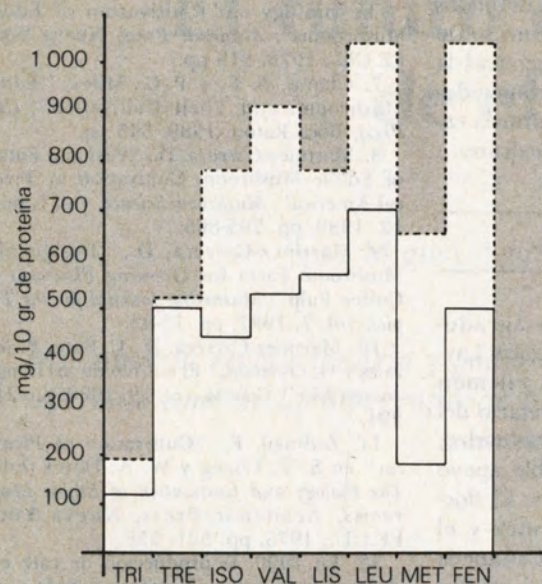
Total de aminoácidos esenciales en 10 gr de proteína = 3 483.9 mg



Frijol

—mg de aminoácidos esenciales en 45.2 gr de frijol con 10 gr de proteína

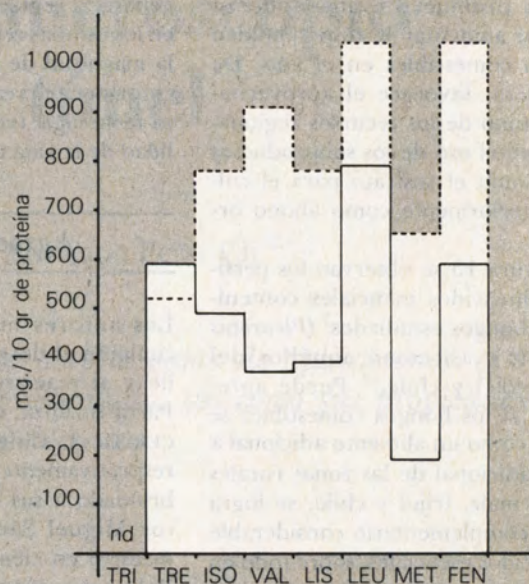
Total de aminoácidos esenciales en 10 gr de proteína = 3486.6 mg.



Pleurotus sajor-caju (Fr.) Sing.

—mg de aminoácidos esenciales en 380.2 gr de hongos frescos con 10 gr de proteína

Total de aminoácidos esenciales en 10 gr de proteína = 3 540 mg

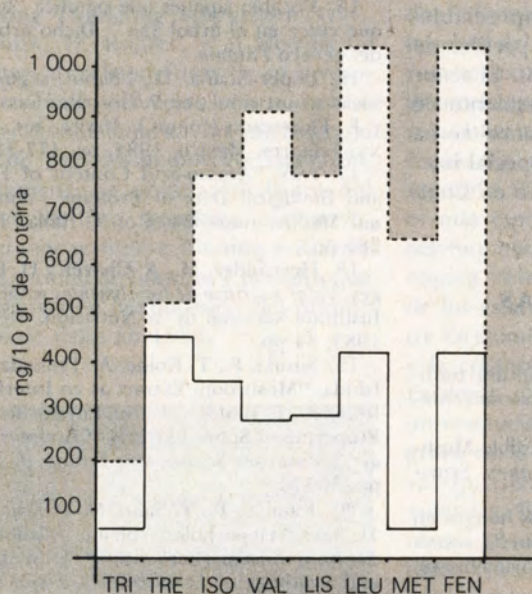


Lentinula edodes (Berk.) Pegler

—mg de aminoácidos esenciales en 699.3 gr de hongos frescos con 10 gr de proteína

Total de aminoácidos esenciales en 10 gr de proteína = 3 410 mg

nd = no determinado



Chile jalapeño

—mg de aminoácidos esenciales en 833 gr de chile con 10 gr de proteína

Total de aminoácidos esenciales en 10 gr de proteína = 2 340 mg

Figura 15. Perfil de aminoácidos esenciales de los hongos comestibles estudiados⁷, así como aquéllos del maíz¹⁷ (*Zea mays* L.), frijol¹⁷ (*Phaseolus vulgaris* L.) y chile jalapeño.¹⁸ La línea punteada de todos los perfiles indica los requerimientos mínimos diarios de aminoácidos esenciales (mg) para un individuo de 65 kg.²² TRI=Triptofano, TRE=Treonina, ISO=Isoleucina, VAL=Valina, LIS=Lisina, LEU=Leucina, MET=Metionina y FEN=Fenilalanina

La biotecnología de la producción de hongos comestibles constituye una alternativa en la producción de alimentos en el medio rural porque no afecta los valores, ni las actividades centrales de la vida campesina y tampoco daña su entorno ecológico. Los hongos producidos localmente mediante técnicas sencillas y de fácil establecimiento permiten la integración de la producción con el consumo, evitando así la excesiva especulación e intermediación que tanto afecta a los productos básicos. Además, permite la participación de la mujer en el proceso productivo.

Esta tecnología aprovecha el conoci-

miento tradicional que tienen los campesinos sobre los hongos y al mismo tiempo, lo promueve estimulando su consumo al aumentar la disponibilidad de hongos comestibles en el año. De igual manera, favorece el aprovechamiento óptimo de los recursos regionales mediante el uso de los subproductos agrícolas como el sustrato para el cultivo y posteriormente como abono orgánico.

En la figura 15 se observan los perfiles de aminoácidos esenciales contenidos en los hongos estudiados⁷ (*Pleurotus* y *Lentinula*), así como aquéllos del maíz¹⁷, frijol¹⁷ y chile.¹⁸ Puede apreciarse que si los hongos comestibles se consumen como un alimento adicional a la dieta tradicional de las zonas rurales basada en maíz, frijol y chile, se logra un efecto complementario considerable en aminoácidos esenciales, sobre todo en lo que respecta a triptofano, treonina, lisina y metionina. Para el caso de *Pleurotus* sp. cfr. *Florida*; *P. ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm., y *P. sajor-caju* (Fr.) Sing., los valores muestran que al comer tan sólo 358.4 gr o 436.6 gr de hongos frescos, se ingieren 10 gr de proteína con 3 170 gr y 4 320 mg de aminoácidos esenciales dependiendo de la especie. En *L. edodes* (Berk.) Pegler se ingieren 10 gr de proteína con 3 410 mg de aminoácidos esenciales, al consumir 699.3 gr de cuerpos fructíferos frescos. Por otro lado, los hongos también proporcionan ciertas cantidades de ácidos grasos insaturados (4% con base en el peso seco), vitaminas pertenecientes al complejo B y minerales (calcio, fósforo y potasio).

Recientemente, se han detectado cualidades medicinales en los hongos estudiados. Se aislaron diversos compuestos que han demostrado ser eficaces contra el cáncer y la formación de tumores, mediante la inducción de la formación de interferón.¹⁹ También se ha demostrado que la ingestión periódica de hongos reduce el nivel de colesterol en la sangre y consecuentemente la hipertensión arterial.²⁰ Una sustancia inductora de la formación de interferón llamada LEM, aislada a partir de *Lentinula edodes*, ha demostrado ser eficiente en el tratamiento contra el sida, en comparación con la AZT, única droga actualmente utilizada.²¹

La biotecnología para el cultivo de hongos comestibles adquiere cada vez

mayor importancia en el mundo. Para México representa una alternativa que generaría ventajas sociales bien definidas en los campos ecológico y económico. De la magnitud de su avance dependerá la contribución real que esta prometedora tecnología tendrá para mejorar la calidad de la vida en el campo mexicano.

Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento al doctor Alfonso Macías Laylle y al maestro en ciencias Filemón Parra Inzunza, director y secretario del CEICADAR, Colegio de Posgraduados, respectivamente, por el notable apoyo brindado a sus investigaciones. El doctor Miguel Sánchez Hernández y el maestro en ciencias Alfredo Castañeda Palomera, investigadores del mismo Centro, también han apoyado el proyecto Cultivo de Hongos Comestibles del Colegio de Posgraduados. Se agradece también al C. P. Sabino Morales Ferro y al señor Fernando Franco Baños, coordinador administrativo y jefe de servicios generales del CEICADAR, respectivamente, por su valiosa colaboración para consolidar la infraestructura de dicho proyecto. La química Cecilia Sánchez Muñoz colaboró apreciablemente en el análisis de los perfiles de aminoácidos aquí presentados. El señor Miguel Cabrera Molina, presidente de la cooperativa *Tosepan Titataniske* ha estimulado y apoyado con especial interés la realización del proyecto en Cuetzalan, Puebla.

REFERENCIAS Y NOTAS

1. Hernández, X.E., "La agricultura tradicional en México", *Comercio Exterior*, México, vol. 38, pp. 673-678.
2. Kaul, T. N., "Cultivated Edible Mushrooms", *Regional Research Laboratory*, Sringeri, 1983, 121 pp.
3. Guzmán, G., "El uso de los hongos en Mesoamérica", *Ciencia y Desarrollo*, CONACYT, México, año X, núm. 59, noviembre-diciembre de 1984, pp. 77-79.
4. Villarreal, L. y J. Pérez-Moreno, "Los hongos comestibles silvestres de México, un enfoque integral", *Micología Neotropical Aplicada*, vol. 2, 1989, pp. 77-114.
5. 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, 1984, pp. 207-219.

6. Chang, S. T. y W. A. Hayes (Eds.), "The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms", *Academic Press*, Nueva York, EE.UU., 1978, 819 pp.

7. Chang, S. T. y P. G. Miles, "Edible Mushrooms and Their Cultivation", *CRC Press*, Boca Ratón, 1989, 345 pp.

8. Martínez-Carrera, D., "Past and Future of Edible Mushroom Cultivation in Tropical America", *Mushroom Science*, vol. 1, núm. 12, 1989, pp. 795-805.

9. Martínez-Carrera, D., "Design of a Mushroom Farm for Growing *Pleurotus* on Coffee Pulp", *Mushroom Journal for the Tropics*, vol. 7, 1987, pp. 13-23.

10. Martínez-Carrera, D., C. Soto, P. Morales y G. Guzmán, "El cultivo de los hongos comestibles", *Ciencia*, vol. 39, 1988, pp. 217-221.

11. Zadrzail, F., "Cultivation of *Pleurotus*" en S. T. Chang y W. A. Hayes (Eds.), *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*, Academic Press, Nueva York, EE.UU., 1978, pp. 521-558.

12. En 1990, la producción de café está descendiendo apreciablemente debido a una nevada registrada en la zona en diciembre del año pasado.

13. El proceso de pasteurización se realiza introduciendo el sustrato en canastos cilíndricos de malla metálica de 58 x 87 cm, los cuales se sumergen en agua caliente a 70°C, aproximadamente, durante 30 minutos.

14. Martínez-Carrera, D., "Simple Technology to Cultivate *Pleurotus* on Coffee Pulp in the Tropics", *Mushroom Science*, vol. 2, núm. 12, 1989, pp. 169-178.

15. Vocablo japonés que significa "hongo que crece en el árbol *Shii*". Dicho árbol es del género *Pasania*.

16. López-Acuña, D., "Salud, seguridad social y nutrición", en P. González Casanova y E. Florescano (comps.), *México, hoy*, Siglo XXI Editores, México, 1984, pp. 177-219.

17. FAO, "Amino-acid Content of Foods and Biological Data of Proteins", *Nutritional Studies*, núm. 24, Roma, Italia, 1970, 285 pp.

18. Hernández, M., A. Chávez y H. Bourges, *Valor nutritivo de los alimentos mexicanos*, Instituto Nacional de la Nutrición, México, 1983, 34 pp.

19. Susuki, F., T. Koide, A. Tsunoda y N. Ishida, "Mushroom Extract as an Interferon Inducer. I. Biological and Physicochemical Properties of Spore Extracts of *Lentinus Edodes*", *Mushroom Science*, vol. 1, núm. 9, 1974, pp. 509-520.

20. Kamiya, T., Y. Saito, M. Hashimoto y H. Seki, "Hypocholesterolemic Alkaloids of *Lentinus Edodes* (Berk.) Sing. I. Structure and Synthesis of Eritadenine", *Tetrahedron*, vol. 28, 1972, pp. 899-906.

21. Lu, S.-I., T. J. Leonard, S. Dick y G. F. Leatham, "A New Strategy for Genetic Improvement of Edible Fungi Through Enhancement of Their Lignocellulose Degrading and Fruiting Abilities", *Micología Neotropical Aplicada*, vol. 1, 1988, pp. 5-19.