

El cultivo de hongos comestibles, alternativa de soberanía alimentaria en zonas rurales en México: estudio de caso en Rancho Nuevo, Perote, Veracruz

The cultivation of edible mushrooms, an alternative for food sovereignty in rural areas in Mexico: a case study in Rancho Nuevo, Perote, Veracruz

Gerardo Mata, Rigoberto Gaitán-Hernández, Dulce Salmones, Carlos Ortega, Zelene Durán-Barradas, Rodolfo Ángeles-Argáiz, Fernando Parra-Pérez

Red Manejo Biotecnológico de Recursos, Instituto de Ecología. Carretera Antigua a Coatepec 351, El Haya, C.P. 91073, Xalapa, México.

RESUMEN

Antecedentes: El cultivo de hongos comestibles, en particular de setas (*Pleurotus* spp.), ofrece una alternativa económica y alimentaria a las comunidades campesinas de zonas rurales; sin embargo, el acceso a la semilla y la capacitación son limitantes.

Objetivo: Capacitar un grupo de mujeres organizadas sobre los procesos rústicos de producción de setas, asesorar el establecimiento de un espacio para la producción en la localidad, acompañar durante el proceso de fructificación y documentar la producción y comercialización de los hongos.

Materiales y método: Se capacitó a un grupo de mujeres y se les proporcionó con lotes de 50 paquetes de 10 kg de sustrato activado de *Pleurotus ostreatus*.

Resultados y discusión: En total se obtuvieron 150 kg de hongos frescos, alcanzando una eficiencia biológica de 111.11 %, una tasa de producción de 0.92 y un rendimiento del 30 % por paquete. Por las condiciones de cultivo, se observó una producción diferencial entre los paquetes. Se discuten los principales obstáculos técnicos y sociales para alcanzar el éxito en un emprendimiento rural de setas bajo el modelo planteado.

Palabras clave: capacitación *in situ*, paquetes de sustrato activado, *Pleurotus ostreatus*, producción rústica

ABSTRACT

Background: The cultivation of edible mushrooms, specifically oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.), offers an economic and nutritional alternative to peasant communities in rural areas, however, access to spawn and training are the primary limitations.

Objective: Train a group of organized women on the rustic processes of mushroom production, advise on the establishment of a space for production in the town, accompany them during the fruiting process and document the production and marketing of mushrooms.

Materials and method: A group of women was trained and supplied with batches of 50 packages of 10 kg of straw inoculated with *Pleurotus ostreatus*.

Results and conclusions: A total of 150 kg of fresh mushrooms were harvested, equivalent to a biological efficiency of 111.11 %, a production rate of 0.92, and a yield of 30 % per package. Due to the cultivation conditions, a differential production was observed between the packages. The main technical and social obstacles to achieving success in a rural mushroom venture under the proposed model are discussed.

Keywords: on-site training, activated substrate packages, *Pleurotus ostreatus*, rustic production

ARTICLE HISTORY

Received: 04/04/2025
Accepted: 12/12/2025
On line: 19/12/2025

CORRESPONDING AUTHOR

✉ Rigoberto Gaitán-Hernández, e-mail: rigoberto.gaitan@inecol.mx
Orcid: 0000-0002-6986-1832

INTRODUCCIÓN

En muchas comunidades rurales, las dinámicas económicas están manejadas mayoritariamente por los hombres de las familias o de las organizaciones comunales y ejidos. Las mujeres en zonas rurales de países en desarrollo realizan doble papel de trabajadoras, remuneradas o no, siguiendo las normas de género que dictan los hombres en la agricultura y el trabajo rural (FAO 2010). Las mujeres suelen llevar prácticamente la totalidad de las labores domésticas y de crianza de los niños, lo que las arraiga a sus comunidades; sin embargo, en muchos casos, de ellas también depende la economía familiar (Campanella 2016). Por este motivo, son muchos los ejemplos de cooperativas y organizaciones comunales lideradas e integradas por mujeres que alcanzan éxito en los programas sociales, de autoempleo y otros emprendimientos (Garibay-Orijel et al. 2012, Villanueva-Lendechy y Villagómez 2019, Morett-Sánchez y Cosío-Ruiz 2017, Sharma et al. 2012). En este aspecto, en el estado de Veracruz aún queda mucho por hacer, ya que sólo el 37.3 % de la población femenina ocupa un puesto remunerado (Data México 2025).

Entre las actividades que ofrecen alternativas económicas en zonas rurales, destacan las del campo, como los huertos comunales, la crianza de ganado menor o el aprovechamiento de recursos forestales no maderables. Una de las actividades que resalta por su bajo costo económico y de labores es el cultivo de hongos comestibles (Aguilar et al. 2002, Mata et al. 2013, Vargas-Mendoza et al. 2024).

El cultivo de hongos comestibles, en particular de setas (*Pleurotus* spp.) a pequeña y mediana escala, se integra en la gama de actividades rurales comunales, pues los insumos necesarios, en su mayoría están disponibles en dichas zonas. Las labores no involucran maquinaria pesada ni equipo especializado. Las faenas tampoco son físicamente demandantes en comparación con otras actividades del campo. Además, el producto es un alimento de alta calidad por su valor nutricional y sus bajos niveles en contenidos perjudiciales para la salud; además, tiene buen valor de mercado y aceptación entre los consumidores (Martínez-Carrera et al. 2010, Sánchez y Mata 2012).

México tiene una compleja problemática en torno a la inseguridad alimentaria, caracterizada por altos índices de desnutrición y malnutrición, especialmente en

comunidades vulnerables (ENSANUT 2018). El origen de esta situación es multifactorial, pero está fuertemente relacionada con la limitada diversificación de las fuentes de alimento, lo que resalta la necesidad de desarrollar alternativas nutritivas y accesibles. Por otra parte, el país genera grandes volúmenes de residuos lignocelulósicos provenientes de las actividades agrícolas, agroindustriales y forestales, los cuales, en su mayoría, están localizados en zonas rurales y no son aprovechados eficientemente, lo que contribuye al deterioro ambiental y a la pérdida de recursos potencialmente valiosos. En este contexto, el cultivo de *Pleurotus* es una valiosa aportación a la solución integral a estos problemas.

Adicionalmente, el cultivo y comercialización de setas en zonas rurales y con baja tecnología enfrentan varios retos (Gaitán-Hernández y Silva Huerta 2016, Aguilar-Ventura et al. 2024): A) el acceso al inóculo o semilla, B) la capacitación de las personas involucradas, C) la vinculación con grupos de trabajo interesados en el proceso y D) la comercialización del producto. Para solventar estas necesidades, este trabajo tuvo como objetivo analizar los procesos técnicos y sociales en la producción de setas por un grupo de mujeres organizadas en la comunidad de Rancho Nuevo, Perote, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El proyecto se llevó a cabo en la comunidad de Rancho Nuevo, municipio de Perote, estado de Veracruz, México, localizada a LN 19.2833° y LO -97.0667°. Se sitúa al oeste-noroeste en las laderas altas del volcán Cofre de Perote (Nauhcampatépetl). El clima local es frío y relativamente seco, con una temperatura media anual cercana a 12 °C y una precipitación aproximada de 490-500 mm/año, concentrada principalmente en el verano. El ecosistema dominante se ha clasificado como Bosque Semiseco Templado y Templado Sub-húmedo, así que corresponde a bosque de pino y oyamel, acompañado por parches de pino-encino y zacatonal en cotas mayores. La altitud favorece la presencia de heladas frecuentes, marcada amplitud térmica diaria y suelos fríos de origen volcánico. En 2020, tenía una población total de 487 habitantes, 233 mujeres y 254 hombres. La tasa de desempleo en

2020 fue del 36.14 %, lo que representa un aumento significativo de 25.12 % desde el 2010. La economía local se basa principalmente en la agricultura y la ganadería, así como en algunas actividades comerciales y de servicios. La localidad cuenta con servicios básicos

como agua potable y electricidad. Rancho Nuevo es accesible por vía terrestre y se encuentra a 8 km de la ciudad de Perote, lo que facilita el transporte y el comercio (Figura 1).



Figura 1. Localización de Rancho Nuevo, Municipio de Perote, Veracruz.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Municipios_de_Veracruz

Los compromisos del Instituto de Ecología (INECOL) fueron: A) entregar trimestralmente 50 paquetes de 10 kg de sustrato activado (2 t en un lapso de 12 meses) y, B) capacitar a las mujeres beneficiarias sobre las generalidades del cultivo de setas y los procesos técnicos de operación que deben implementar para tener una producción de hongos frescos exitosa, las condiciones y cuidados para la etapa de incubación de los paquetes y cosecha de hongos. Dicha capacitación se llevó a cabo tanto en la comunidad de Rancho Nuevo como en las instalaciones del INECOL. Además, se buscó validar el sistema de producción de setas en la comunidad; para ello, se registraron datos de productividad del primer ciclo de uno de los lotes de 50 paquetes, bajo condiciones locales. Los compromisos por parte del grupo de mujeres fueron: A) disposición para capacitarse, B) instalar y mantener funcional un módulo de producción, C) construir estantes, D) limpieza y desinfección constantes de los módulos y E) cosecha y comercialización de los hongos.

Capacitación de las participantes

En la comunidad de Rancho Nuevo se integró un grupo de 20 mujeres, con el propósito de participar como beneficiarias del proyecto coordinado por el INECOL y financiado por el Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (COVEICYDET). El grupo de mujeres asistió a la primera reunión informativa realizada por académicos del INECOL, donde se hizo la presentación del proyecto y se explicaron sus beneficios y los compromisos adquiridos por ambas partes.

Como parte de la transferencia tecnológica, se capacitó a las integrantes del grupo en las labores relacionadas con todo el proceso de producción de setas. Con el fin de minimizar las necesidades técnicas, se propuso ejecutar en la comunidad solo las etapas de fructificación, cosecha y venta. Sin embargo, para realizar esta labor de manera eficiente, los paquetes inoculados se entregaron directamente a la comunidad, parcialmente incubados y sin signos de contaminación. Los paquetes se produjeron en la planta

piloto del INECOL y se inocularon con semilla de calidad comercial de una cepa de *Pleurotus ostreatus*, registrada como IE-2050, obtenida originalmente de la empresa Fungi Perfecti con el registro K200 (EUA). Para alcanzar el objetivo relacionado con la capacitación del grupo de mujeres, se celebraron tres talleres; uno de ellos se enfocó en las generalidades de los hongos y su cultivo, así como en que las participantes conocieran los aspectos que no se desarrollaron en la comunidad, es decir, la producción de la semilla en el laboratorio. El segundo taller trató los aspectos más importantes de la etapa final del proceso de producción, sobre todo el manejo postcosecha del producto, el mantenimiento del módulo, como sanitización, orden y cuidados, además del manejo de contaminaciones o plagas, como el control de insectos y medidas de prevención. Este taller se realizó en la comunidad. El tercero se impartió por chefs especialistas en gastronomía y se enfatizó en los procesos para dar valor agregado a las setas cosechadas, como la elaboración de conservas y aspectos de limpieza y cocción de los hongos para su consumo, así como medidas de manejo, empaque y conservación para incrementar su vida de anaquel.

Finalmente se celebró un foro en el que se discutieron los pros y contras técnicos y sociales relacionados con esta experiencia en la comunidad y los aspectos de la vinculación de los sectores académicos y sociales. Se obtuvo retroalimentación para estimar el grado de capacitación y aceptación del proyecto. También se consideró la productividad en biomasa de esporóforos como el grado de capacitación obtenido.

Construcción del módulo de producción

En un área privada de la comunidad, perteneciente a la coordinadora del grupo de mujeres, se instaló un módulo de producción de setas (Figura 2). Se construyó con estructura metálica, plástico de invernadero (150 μm) y piso de tierra. La estructura metálica fue anclada a una cimentación, en la que descansó su cubierta. Las dimensiones fueron 3 m de ancho, 6 m de largo y 3 m de alto en su parte media. En el interior se colocó estantería de madera de pino para las bolsas de sustrato activado. Esta infraestructura tuvo una capacidad para 50 paquetes acomodados en dos estantes con dos niveles cada uno (Figura 2). Una vez establecido el módulo, se inspeccionó y validó por los autores, de modo que reuniera las condiciones de riego, luz y aireación, entre otros, que favorecieran la producción de hongos.



Figura 2. Acondicionamiento del módulo para producción de hongos comestibles en la comunidad de Rancho Nuevo, Perote, Veracruz.

Preparación de los paquetes de sustrato activado

Cepa estudiada

En las instalaciones del INECOL y bajo condiciones asépticas se resembró la cepa IE-2050 en una placa Petri con medio de cultivo de PDA papa, dextrosa y agar (Bioxon). Después de la incubación a 25 °C, el micelio se reactivó y se revisó al microscopio para confirmar su pureza. Una vez que la cepa invadió el total de la placa, se mantuvo a 5 °C hasta su posterior utilización. Se seleccionó la cepa IE-2050 de *Pleurotus ostreatus* ya que fructifica en un intervalo de temperatura de 22 a 27 °C, desarrollando esporomas de color marrón grisáceo claro, lo que es favorable para su comercialización en la región.

Preparación del sustrato

Se utilizó paja de cebada porque es un sustrato disponible cerca de la región y que favorece el crecimiento y fructificación del hongo, la cual se obtuvo de Libres, Puebla. La paja se fragmentó con una picadora eléctrica de forraje a un tamaño de partícula de 5 a 10 cm de largo. Para la preparación de cada lote de 50 paquetes (10 kg p.h. c/u) se procesaron 11 pacas (~190 kg p.s.). La paja picada se colocó en jaulas de

~1 m³ fabricadas con PTR (perfil tubular rectangular) y malla metálica. Las jaulas con paja seca (~30 kg p.s./jaula) se sumergieron en un recipiente metálico con agua limpia (5 min). Una vez hidratada, se escurrió y se dejó fermentar durante 5 días. La paja se removió cada 2 días para oxigenar y favorecer la correcta fermentación (Gaitán-Hernández *et al.* 2009). Durante la fermentación, la temperatura de la paja alcanzó 67 °C. Las jaulas con paja fermentada se introdujeron en un túnel de pasteurización, donde se mantuvieron por 5 h a 65 ± 1 °C. Una vez pasteurizada, la paja se enfrió con flujo de aire externo filtrado durante 15 h.

Siembra e incubación

Con la paja fría se prepararon 50 paquetes de 10 kg, las bolsas se llenaron con la ayuda de un equipo mecánico de siembra. La semilla o inóculo se adicionó de manera manual a los paquetes a una tasa de 3 %, equivalente a 300 g de semilla. El inóculo utilizado se preparó siguiendo las técnicas descritas por Gaitán-Hernández *et al.* (2006) y Salmones *et al.* (2020), con ligeras modificaciones. Posteriormente, las bolsas se compactaron moderadamente, se cerraron de manera hermética y se etiquetaron con la fecha de siembra y cepa utilizada (Figura 3).



Figura 3. Preparación de los paquetes de sustrato en las instalaciones del INECOL.

Los paquetes se incubaron a 25 ± 2 °C en oscuridad total durante 20 días. Un día después de la siembra, se hicieron 12 cortes de ~ 5 cm a cada paquete para permitir el intercambio gaseoso y el adecuado desarrollo del hongo. La correcta invasión del micelio sobre la paja se monitoreó diariamente.

Producción de setas en el módulo de la comunidad de Rancho Nuevo

Los paquetes de sustrato activado se trasladaron desde las instalaciones del INECOL a la comunidad de Rancho Nuevo, bajo los cuidados necesarios para evitar su maltrato y daño al micelio (Figura 4). En la comunidad, los paquetes se colocaron en el módulo construido, donde las condiciones de temperatura, humedad y luz dependieron de las que prevalecían en la zona. Cuando se desarrollaron los primordios,

se incrementó la humedad ambiental con riegos diarios y la ventilación se favoreció con la apertura de la puerta principal del módulo, misma que permaneció protegida con malla antiáfida para invernadero 20/10 TENAX. Los paquetes permanecieron en producción durante dos meses, con una cosecha continua de las setas. El registro de los cortes y peso de los hongos cosechados se llevó a cabo por las mujeres de la comunidad, integrantes del grupo.

La cosecha de hongos se realizó cuando los hongos alcanzaron la madurez y la productividad se evaluó mediante la Eficiencia Biológica (EB), la Tasa de Producción (TP) y el Rendimiento (R), siguiendo los protocolos establecidos por Gaitán-Hernández *et al.* (2006), con el apoyo de los académicos involucrados en el proyecto.



Figura 4. Entrega de los paquetes de producción en la comunidad de Rancho Nuevo, Perote, Veracruz.

RESULTADOS

Participación de las mujeres en la instalación y puesta en marcha del módulo de producción

Del grupo inicial de mujeres, al final de la experiencia, quedó la mitad (10), quienes dieron continuidad al proyecto al participar en las capacitaciones, las faenas, la cosecha y la distribución de la producción de setas. Sin embargo, en el entrenamiento realizado

en el INECOL, se integraron cuatro personas, tanto hombres como mujeres, que no formaban parte del grupo, así como personas de comunidades aledañas a Rancho Nuevo. El módulo de producción en la comunidad estuvo listo en las fechas acordadas (julio 2023), sin mayor contratiempo, así como los lotes de 50 paquetes. Las faenas de mantenimiento, monitoreo y cosecha no se distribuyeron de manera homogénea entre las integrantes del grupo, sino que tres

de ellas tomaron el liderazgo y mayor participación. El mismo patrón se observó en la repartición de la producción de setas cosechadas.

Producción de setas en el módulo de la comunidad de Rancho Nuevo

La temperatura en el módulo fue fluctuante durante el día y la noche; varió de 17 a 24 °C y de 10 a 15 °C, respectivamente. Fue registrada diariamente por la representante del grupo, utilizando un higrotermómetro STEREN Mod. TER-150. Esta temperatura prevaleció durante el periodo de producción de setas. Por otra parte, la humedad relativa registrada de la misma forma citada fue de 70 a 90 %. A partir de la aparición de los primordios se incrementaron los riegos, con dos aplicaciones de agua por aspersión por día (Figura 5 a-b). El periodo de incubación fue de 20 días y el de producción de 60 días. De los 50 paquetes se produjeron 25.15 kg de setas frescas en el pri-

mer corte, con una producción promedio de 867.24 g/paquete. En total se realizaron 7 cortes con un promedio de producción en los subsecuentes 6 cortes de 355.46 g/corte. Los 50 paquetes produjeron 150 kg de setas frescas durante su ciclo productivo. Los hongos cosechados se destinaron principalmente al consumo de las familias de los beneficiarios del proyecto, alrededor de 5 kg por familia; sin embargo, de la producción total se comercializaron 52 kg, con un costo por kilogramo de \$50 MXN, lo que representó un ingreso de \$2,600 MXN. La venta se realizó a miembros de la comunidad y de regiones aledañas. La EB promedio de los paquetes fue de 111.11 %, una TP de 0.92 y un R del 30 %. Por las condiciones de cultivo, se observó una producción diferencial entre los paquetes, con hongos adultos listos para la cosecha de forma y tamaño adecuados, mayores a 10 cm de diámetro del píleo, acordes con la especie y mayoritariamente en racimo (Figura 6).



Figura 5. a: Condiciones de incubación de los paquetes dentro del módulo. b: Etapa de producción de las setas y registro de las condiciones ambientales.



Figura 6. Paquetes de 10 kg de paja de cebada en plena fructificación, con hongos listos para el corte.

Comercialización y manejo postcosecha

Los hongos objeto de venta se comercializaron como producto fresco a granel. Las setas frescas son altamente perecederas; las que no se vendieron el día siguiente al corte se utilizaron como alimento en las familias de las beneficiarias. Por su alto contenido de agua y alta actividad metabólica, las setas tienen una vida de anaquel corta y al no contar con un sistema de conservación de 2 a 3 °C.

Los hongos se desarrollaron en racimos de forma pleurotoide, con ejemplares grandes (>10 cm Ø del píleo) de calidad y aceptación comercial, con un ma-

nejo postcosecha adecuado para evitar una merma del producto generado (Figura 7). La venta de los hongos fue a granel; se consideró que tuvieran un aspecto uniforme, fresco y sin daño físico. Lo anterior favoreció la aceptación de la venta, al igual que el costo bajo por kilogramo de setas frescas, de \$50 MXN, mucho menor al precio vigente en la región y el país de \$80 a \$120/kg MXN. Algunas de las familias que obtuvieron setas para consumo las prepararon en salmuera, escabeche o deshidratadas, aplicando lo aprendido en la capacitación para obtener un alimento de larga duración.



Figura 7. Pesado de las setas cosechadas por las integrantes de la comunidad de Rancho Nuevo, beneficiarias del proyecto.

Evaluación de las capacitaciones recibidas y la aceptación del proyecto

Las condiciones ambientales de bosque templado en Rancho Nuevo favorecieron el cultivo de setas, incluso bajo un esquema de producción rústica. Este módulo de producción de setas representó una fuente de alimentos para autoconsumo e ingresos extra por la venta de un producto nutritivo y saludable, lo que trae beneficios a los involucrados en el proyecto, a sus familias y a la comunidad. Los resultados muestra-

ron que las integrantes de la comunidad participantes desarrollaron habilidades y destrezas a partir de la información recibida durante los talleres de capacitación. También se fomentó la colaboración y el trabajo en equipo entre las mujeres beneficiarias, además de la confianza en el sector académico promotor del proyecto. Sin embargo, se observó que un sector de mujeres mostró menor compromiso de participación, lo que provocó una distribución de las actividades inequitativa.

DISCUSIÓN

Los resultados del proyecto no solo estuvieron relacionados con factores técnicos, sino también con la transferencia de conocimiento y el fortalecimiento social, especialmente a través de los talleres de capacitación. Si bien la comunidad tenía un conocimiento tradicional sobre los hongos silvestres de manera extractiva y estacional, las capacitaciones introdujeron un nuevo enfoque productivo en Rancho Nuevo. Los temas de los talleres complementaron las habilidades existentes de las mujeres, lo que permitió el manejo del proceso de producción (fructificación). El taller de generalidades del cultivo de hongos les permitió entender, entre otras cosas, el tipo de crecimiento y nutrición de los hongos para así establecer diferencias fundamentales con la producción hortícola, con la que estaban familiarizadas. El segundo taller, llevado a cabo directamente en la comunidad, se complementó con comunicaciones telefónicas para resolver dudas puntuales durante el ciclo productivo.

Por otra parte, la capacitación de valor agregado, impartida por chefs especializados, fue particularmente impactante. La Sra. Ramona Falfán, coordinadora del grupo, afirmó que los talleres fueron de gran utilidad porque las mujeres no sabían cómo conservar los hongos de esa manera. Esto abordó una de las principales problemáticas identificadas: la corta vida de anaquel de las setas frescas. Al enseñarles a preparar conservas, se les proporcionó una solución directa para evitar pérdidas económicas y asegurar el suministro de alimentos a largo plazo. La implementación de estas técnicas no solo les permitió reducir la merma de setas frescas, sino también aplicarlas a otros alimentos perecederos de la región, incluidos los hongos silvestres.

En comunidades micófilas como Rancho Nuevo, donde los hongos silvestres forman parte del patrimonio cultural y alimenticio, el uso de cepas locales está limitado al consumo y comercio de sus fructificaciones silvestres, mas no a su cultivo, ya que no se cuenta con los procesos estandarizados de producción bajo condiciones controladas, como las setas u otros hongos comestibles. La mayoría de las especies de considerable valor comercial son micorrizógenas, cuyas técnicas de propagación in vitro e in situ son aún poco conocidas (Karwa et al. 2011).

Lo común en proyectos biotecnológicos de cultivo

de hongos comestibles es utilizar especies saprobias, por las ventajas que representa su propagación, al contar con protocolos conocidos y probados, incluso en diferentes condiciones ambientales. Además, las cepas comerciales ofrecen ventajas clave para garantizar la viabilidad de proyectos productivos y de transferencia tecnológica. Estas cepas, como la IE-2050 de *P. ostreatus*, han sido seleccionadas y optimizadas para su manejo en sistemas controlados, lo que garantiza rendimientos consistentes, tasas de crecimiento predecibles y adaptabilidad a diferentes sustratos (Vargas-Mendoza et al. 2024).

En el caso de Rancho Nuevo, la elección de esta cepa permitió asegurar la producción en un módulo de cultivo rústico y ante imperantes condiciones cambiantes, como la temperatura y humedad, lo cual fue fundamental en este proyecto comunitario, donde la confianza en el conocimiento previo es un factor crítico para la aceptación y éxito logrado. De esta manera, el acceso a hongos cultivados a bajo costo y de disponibilidad anual, refuerza la soberanía alimentaria local al diversificar las fuentes de alimento y de ingreso en una comunidad (Ladio 2011, Arjona-García et al. 2021). Además, el cultivo con cepas comerciales puede tener impactos positivos en la conservación, al disminuir la presión sobre poblaciones de hongos silvestres y al ofrecer alternativas sostenibles de aprovechamiento (Molares et al. 2020). En comunidades micófilas como Rancho Nuevo, aunque el hongo cultivado se perciba como de menor valor, su integración en la dieta local y su comercialización refuerzan la capacidad de adaptación de las comunidades, como se ha observado en casos donde especies introducidas como *Suillus luteus*, adquirieron relevancia cultural con el tiempo (Molares et al. 2020, Chamorro y Ladio 2021).

En experiencias previas, se realizó el cultivo *P. ostreatus* a nivel rústico en una comunidad de Orilla del Monte, municipio de Jalacingo, Veracruz, en donde se requirieron 23 días de incubación en promedio, en sustratos de rastrojo de maíz y paja de avena y se obtuvieron tres cosechas de hongos en un periodo de 45 a 65 días (Gaitán-Hernández y Silva 2016). Por otra parte, Morán et al. (2020), citaron 24 días de incubación para *P. ostreatus* utilizando paja de trigo, con un tiempo promedio de producción para la primera cosecha de 26 días, tiempo mayor al requerido por los paquetes cultivados en este trabajo.

Los valores de EB obtenidos en la comunidad de Rancho Nuevo fueron superiores a los reportados por Morán et al. (2020) quienes usaron paja de trigo como sustrato en el crecimiento de *P. ostreatus*, obteniendo una EB de 89 %. Por otra parte, Cruz-Montes et al. (2018) mencionaron una EB de 136.2 % para *Pleurotus* spp. cultivado en rastrojo de maíz y una EB de 91.1 % en paja de trigo, siendo el primero de ellos mayor a lo reportado en el módulo de la comunidad. *Pleurotus ostreatus* fue cultivado en rastrojo de maíz por Valencia et al. (2018), quienes reportan una EB de 64.68 %, mientras que, para esta misma especie cultivada en paja de trigo, Portillo et al. (2019) citaron una EB de 141.29 %, mayor a lo logrado en el proyecto. Por su parte, Gaitán-Hernández y Silva (2016) lograron una EB de 117.6 % y de 121.2 %, con dos cepas diferentes de *P. ostreatus* cultivadas en rastrojo de maíz, valores similares a los reportados en la comunidad de Rancho Nuevo (111.11 %). Asimismo, Vargas-Mendoza et al. (2024) reportaron el cultivo de la misma cepa IE-2050 en paja de trigo y paja de trigo con rastrojo de maíz (1:1), logrando una EB de 72.52 % y 59.53 %, respectivamente, en un módulo bajo condiciones rústicas en la comunidad de San Juan Yatzonea, Oaxaca. La EB obtenida en este trabajo se encuentra, en algunos casos, arriba de los valores reportados por otros autores, posiblemente se deba a las condiciones ambientales que prevalecieron durante la etapa de producción, temperatura y humedad del módulo, a la calidad de la paja de cebada utilizada, la cepa seleccionada para el cultivo y el proceso de producción de los paquetes, entre otros.

Respecto a la TP, el valor obtenido en esta contribución fue inferior a los reportados por Morán et al. (2020), quienes cultivaron *Pleurotus* en paja de trigo y obtuvieron una TP de 2.44. Por su parte, Cruz-Montes et al. (2018) citaron una TP de 2.57 en rastrojo de maíz y de 1.45 en paja de trigo, para el mismo hongo. Valencia et al. (2018) cultivaron *P. ostreatus* y lograron una TP de 0.91, mientras que Gaitán-Hernández y Silva (2016) obtuvieron una TP de 1.2 a 1.4 para *P. ostreatus*. El valor obtenido en la comunidad de Rancho Nuevo fue, en general, inferior a los valores de TP reportados por otros autores; esto se debió al largo periodo de producción de hongos en el módulo de la comunidad, a condiciones medioambientales cambiantes y por dejar los paquetes un periodo largo para obtener su máxima producción.

Por otra parte, el rendimiento alcanzado en la comunidad fue alto, con respecto a lo citado previamente por Gaitán Hernández y Silva (2016), quienes lograron rendimientos con cepas de *P. ostreatus* bajo condiciones rústicas similares, logrando rendimientos en rastrojo de maíz de 21.8 a 23.3 %. Estas diferencias posiblemente se debieron a la influencia de diversos factores medioambientales y a la calidad de los paquetes de sustrato activado.

La justificación de la transferencia de esta tecnología se refuerza por el contexto local. La coordinadora del grupo señaló que la deforestación ha afectado la disponibilidad de hongos silvestres en el bosque aledaño, lo que ha reducido los ingresos que solían obtener de la recolección en temporada. Esta situación subraya la importancia de alternativas productivas como el cultivo de setas, ya que no solo ofrece un ingreso adicional, sino que también constituye una medida de soberanía alimentaria en respuesta a los cambios ambientales. Considerando que la soberanía alimentaria es el derecho de los pueblos a definir sus propias políticas y estrategias sustentables de producción, distribución y consumo de alimentos que garanticen el derecho a la alimentación para toda la población, con base en la pequeña y mediana producción y en las cuales la mujer desempeña un papel fundamental para lograrlo (Gordillo 2012).

En el municipio de Perote, Veracruz, la mayoría de la población se encuentra en pobreza extrema (13.1 %) o moderada (60.4 %) (Data México 2025) por lo que la transferencia de la tecnología del cultivo de hongos en la comunidad de Rancho Nuevo, fue un buen ejercicio de capacitación de personas y familias que viven en la marginación, los cuales a través de las diversas actividades del proyecto, pudieron identificar las oportunidades y retos del proceso, capacitándose en una biotecnología que apoyó su soberanía alimentaria. El desarrollo de una sociedad se vincula con la seguridad alimentaria y los derechos humanos; esto incluye darle prioridad a la agricultura familiar que deriva de requerimientos ambientales, crisis económicas y nuevas realidades y cambios en el ámbito agroalimentario.

Este proyecto no solo brindó beneficios nutricionales, sino que también tuvo un impacto económico directo en las familias participantes. La Sra. Ramona relató que la venta de hongos le permitía ayudar con los gastos familiares, aportando hasta \$1,500 MXN

quincenales a la economía del hogar. Esta entrada adicional, que casi duplicaba los ingresos de su esposo, fue crucial para cubrir los gastos de la casa; así, la producción de hongos se convirtió en una fuente de sustento significativa durante el periodo de ejecución de este proyecto. Además, por la ubicación cercana del módulo de producción, pudo compaginar esta actividad con la venta de productos hortícolas y cumplir con las tareas del hogar, algo a lo que se enfrentan las mujeres que aportan y/o están a cargo de la economía familiar, y que según datos oficiales superan el 30 % de la población en el municipio de Perote (Data México 2025).

Las técnicas para la propagación de hongos comestibles como las setas pueden transferirse a diferentes sectores socioeconómicos, incluso de bajos recursos, considerándose que se puede adaptar un sistema de producción simple, con mínima infraestructura y bajos costos de instalación (López-Eustaquio *et al.* 2012). Por lo tanto, este tipo de sistemas de cultivo permite ser adoptado por pobladores de zonas rurales, como una actividad económica adicional, con la factibilidad de incrementar sus ingresos, además de contar con un alimento con aceptable valor nutricional para autoconsumo, lo que generalmente se refleja en una mayor ingesta de proteínas en su dieta. Además, la participación de las mujeres es factible y altamente recomendable, tanto en los procesos de producción como en las tareas de organización y distribución de los hongos.

Dado que esta experiencia de cultivo de setas inició en las condiciones rústicas de la comunidad desde la etapa de producción, a partir de los paquetes inoculados e incubados, las productoras pudieron prescindir tanto de instalaciones para estas dos etapas previas como de la ejecución de los procedimientos y, de los riesgos de contaminación asociados. De esta manera, las productoras lograron varios cortes de hongos y alcanzaron eficiencias biológicas más altas que en otros estudios similares realizados previamente. Sin embargo, las condiciones rústicas del módulo pueden favorecer la presencia de mohos contaminantes, principalmente del género *Trichoderma*, así como diversas plagas: mosquita del hongo (*Lycoriella* sp.) y catarinas (*Mycotretus* sp. y *Pseudyschirus* sp. (Guzmán *et al.* 2013).

Este esquema modular en el que la comunidad asume la parte final de su labor (riego, cosecha y venta),

y un proveedor (laboratorio/empresa) asume la fase inicial de la generación y comercialización de paquetes, permite garantizar su calidad, con una potencial productividad alta, si el manejo técnico y condiciones ambientales son favorables, tal fue el caso en la comunidad de Rancho Nuevo. Sin embargo, dado que el margen de ganancias es mayor en esquemas convencionales en los que el productor inicia desde el procesamiento e inoculación de los sustratos (Huacash-Pale y Ocampo-Guzmán 2021), el esquema aquí planteado será rentable en emprendimientos donde los módulos de producción soporten un número de paquetes suficiente para que los hongos cosechados y comercializados produzcan ganancias que permitan costear la adquisición de nuevos paquetes y su transportación a la comunidad. También se debe considerar que el productor debe hacer una inversión inicial en instalaciones, insumos y capacitación.

Es interesante destacar la importancia de trabajar con grupos comunitarios bien organizados. La población de Rancho Nuevo es escasa, por lo que la mayoría se conoce y convive en los diferentes eventos sociales y religiosos de la comunidad. Si bien se eligió un grupo bien organizado y con antecedentes de emprendimiento en otros proyectos productivos, se presentaron problemas de falta de información, asignación de tareas o pérdida de interés por parte de los integrantes, que repercutieron en una distribución desigual del trabajo para dar cumplimiento a los objetivos del proyecto.

Los hongos producidos fueron mayoritariamente consumidos entre las familias de las productoras y vecinos de la comunidad. No obstante, en la tradición micófila de gran parte de los pobladores existe preferencia por las especies recolectadas en el bosque aledaño, por lo que en ciertos días de producción se llegaron a saturar del producto, con el agravante de no tener canales de comercialización que permitieran llevar los hongos desde la comunidad hasta el cliente, ya sea mediante intermediarios o centros de almacenamiento. Esto fue uno de los aspectos fuertemente demandados por las participantes en el foro realizado, ya que consideran que contar con canales de comercialización les hubiera permitido, además de facilitar el proceso de venta del hongo y darse a conocer en la región como productores de setas, aprovechar mejor el jornal de trabajo en otras actividades cotidianas del cultivo (riego, limpieza, corte, etc.) (Martínez-Carrera *et al.* 2005).

Los hongos son un alimento perecedero, con alto contenido de agua, por lo que se deben mantener sus características fisicoquímicas deseables para su venta; la comercialización de un producto fresco siempre será un problema en la cadena de consumo si no se cuenta con los recursos para detener el deterioro durante las primeras horas después del corte. Ante esta problemática, el procesamiento del hongo para elaborar nuevos productos y/o presentaciones se convirtió en una alternativa viable para maximizar las ganancias económicas de la venta del producto fresco. La deshidratación y la elaboración de conservas en salmuera y/o escabeche son métodos alternativos de preservación para los pobladores rurales, ya que no solo permiten consumir hongos durante todo el año, sino también ofrecer sus productos en los mercados regionales y con mayor valor agregado. La capacitación del grupo de productores de la comunidad de Rancho Nuevo en alternativas de conservación a largo plazo les permitió disminuir potenciales pérdidas económicas por el deterioro de los hongos frescos, además de poder aplicar la metodología a otros alimentos perecederos estacionales de la región, incluidos los hongos silvestres.

A pesar de los beneficios alcanzados, el estudio también evidenció algunas debilidades del grupo y su organización. Un sector de mujeres mostró menor compromiso de participación, por lo que la distribución de las actividades no fue equitativa. El sector restante mostró disponibilidad para continuar con el cultivo de hongos, ya que considera que el proceso les permitió mayores ganancias que otros cultivos, además de la factibilidad de obtener otros productos con valor agregado. Por otra parte, la incorporación de otros grupos organizados de regiones aledañas, incluso con experiencia en autogestión de recursos económicos, aumentaría la viabilidad del proyecto a largo plazo, ya sea para el pago de la transportación de los paquetes o incluso para su elaboración *in situ*. Adicionalmente, la comercialización de un mayor volumen del producto permitiría establecer precios más competitivos. El factor económico siempre será fundamental para la continuidad del proyecto, por lo que la distribución de ganancias deberá ser satisfactoria para todos/as los/as participantes.

En conclusión, el cultivo de hongos comestibles es un paquete tecnológico con varios componentes: cepa/micelio, inóculo, paquetes de sustrato activado. El

mantenimiento y propagación del micelio y el inóculo requieren de laboratorios microbiológicos especializados y personal altamente capacitado. La preparación de los paquetes y llevarlos a las comunidades es un componente indispensable para el desarrollo de esta actividad productiva en condiciones rurales. Además, el sustrato degradado de los paquetes que ya cumplieron sus ciclos de cultivo puede ser reciclado para otros procesos agrícolas como biofertilizante y forraje, por lo que esta tecnología es considerada sustentable. Asimismo, los resultados mostraron la factibilidad de transferir la tecnología entre las integrantes de la comunidad involucrada, quienes desarrollaron habilidades y destrezas, por medio de la información recibida durante los talleres de capacitación y las visitas a la comunidad. Con este tipo de proyectos se corrobora la viabilidad de la cooperación entre la academia y diversos sectores socioeconómicos, con beneficios directos para la comunidad.

AGRADECIMIENTOS

A las personas participantes en el proyecto por parte de la comunidad de Rancho Nuevo, Perote, Veracruz, por su apoyo, trabajo y dedicación para cumplir con los objetivos del mismo, especialmente a la Sras. Ramona Falfan y Piedad González. Este proyecto fue financiado por el COVEICYDET a través del proyecto CP 0911 2054/2023. Se agradece al INECOL las facilidades brindadas para la realización del proyecto.

LITERATURA CITADA

- Aguilar A, Martínez-Carrera D, Macías A, Sánchez M, De Bauer LI, Martínez A. 2002. Fundamental trends of rural mushroom cultivation in Mexico, and their significance for rural development. In: Sánchez JE, Huerta G, Montiel E. (eds.), Proceedings of the IV International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. WSMBMP, Cuernavaca, 421-431.
- Aguilar-Ventura D, Llarena-Hernandez RC, Serna-Lagunes R, Aguilar-Rivera N, Zetina-Córdoba P, Mata G. 2024. Sistema productivo de hongos *Pleurotus* spp. (Agaricales: Pleurotaceae): diagnóstico con productores de la región Las Montañas, Veracruz, México. Acta Agrícola Pecuaria 10: e0101014. <https://doi.org/10.30973/aap/2024.10.0101014>
- Arjona-García J, Pérez-Moreno J, Díaz-Pérez A, Herrera-Fuentes A. 2021. Traditional knowledge, use, and management of wild mushrooms in Latin America: A review. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 17, 1-15. <https://doi.org/10.1186/s13002-016-0108-9>

- Campanella F. 2016. División sexual del trabajo y tecnología: un estudio sobre la producción familiar en San José. XV Jornadas de Investigación de la Facultad de Ciencias Sociales, UDELAR, Montevideo. Recuperado en: https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspuitsream/20.500.12008/8104/6/TS_CampanellaFiorella.pdf
- Chamorro L, Ladio AH. 2021. Management of native and exotic plant species with edible fruits in a rural community in a protected area of NW Patagonia. *Ethnobiology and Conservation* 10, 1-24. <https://doi.org/10.15451/ec2021-02-10.14-1-24>
- Cruz-Montes A, Romero-Arenas O, Rivera-Tapia JA, Tapia-Hernández A, Landeta-Cortés G, Villarreal-Espino OA. 2018. Evaluación de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y esquilmos agrícolas para la producción de setas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 21, 317-328. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2475>
- Data México. 2025. Perote: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública | Data México. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/perote#economy>
- ENSANUT. 2018. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-2019/ <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/informes.php>
- FAO. 2010. Género y empleo rural, documento de orientación No. 1. Trabajo rural equitativo entre mujeres y hombres para reducir la pobreza y estimular el crecimiento económico. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/documents/publication/wcms_176250.pdf (marzo 7, 2025)
- Gaitán-Hernández R, Salmenes D, Pérez-Merlo R, Mata G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología AC, Xalapa.
- Gaitán-Hernández R, Salmenes D, Pérez Merlo R, Mata G. 2009. Evaluación de la eficiencia biológica de cepas de *Pleurotus pulmonarius* en paja de cebada fermentada. *Revista Mexicana de Micología* 30, 63-71. <https://www.scientiafungorum.org.mx/index.php/micologia/article/view/1054>
- Gaitán-Hernández R, Silva Huerta A. 2016. Aprovechamiento de residuos agrícolas locales para la producción de *Pleurotus* spp., en una comunidad rural de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Micología* 43, 43-47. <https://www.scientiafungorum.org.mx/index.php/micologia/article/view/1155>
- Garibay-Orjil R, Ramírez-Terrazo A, Ordaz-Velázquez M. 2012. Women care about local knowledge, experiences from ethnomycolology. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 8, 1-13. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-8-25>
- Gordillo G. 2012. Una política alimentaria para tiempos de crisis. *El Trimestre Económico* 79 (315), 438-526.
- Guzmán G, Mata G, Salmenes D, Soto-Velazco C, Guzmán-Dávalos L. 2013. El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.
- Huacash Pale S, Ocampo Guzmán A. 2021. El territorio y actores sociales del sistema de producción de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) en Aldama, Chiapas. *HorizonTes Territoriales* 1 (2), 2683-2895.
- Karwa A, Varma A, Rai M. 2011. Edible ectomycorrhizal fungi: cultivation, conservation and challenges. In: Rai M, Varma A (eds.), *Diversity and Biotechnology of Ectomycorrhizae*. *Soil Biology*, vol. 25. Springer, Berlin, Heidelberg. 429-453. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15196-5_19
- Ladio AH. 2011. The maintenance of wild edible plant gathering in a Mapuche community of Patagonia. *Economic Botany* 55, 243-254. <https://doi.org/10.1007/BF02864562>
- López-Eustaquio L, Mora MV, Portugal D. 2012. Productores de setas *Pleurotus* spp. en el estado de Morelos, México. In: Sánchez J, Mata G. (eds.), *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica investigación y desarrollo en un entorno multicultural*. ECOSUR, Tapachula. 173-179.
- Martínez-Carrera D, Nava D, Sobal M, Bonilla M, Mayett Y. 2005. Marketing channels for wild and cultivated edible mushrooms in developing countries: the case of Mexico. *Micología Aplicada International*, 17(2), 9-20.
- Martínez-Carrera D, Curvetto N, Sobal M, Morales P, Mora VM. 2010. Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNS-CONACYT-AMC-UAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla.
- Mata G, Gaitán-Hernández R, Salmenes D. 2013. Biotechnology for edible mushroom culture: a tool for sustainable development in Mexico. In: Yañez-Arancibia A, Day JW, Reyes E. (eds.), *Ecological dimensions for sustainable socioeconomic development*. WIT Press Southampton, Boston. 483-506.
- Molares S, Toledo CV, Stecher G, Barroetaveña C. 2020. Traditional mycological knowledge and processes of change in Mapuche communities from Patagonia, Argentina: A study on wild edible fungi in Nothofagaceae forests. *Mycologia* 112, 9-23. <https://doi.org/10.1080/00275514.2019.1680219>
- Morán T, Bautista J, Sobal M, Rosales V, Candelaria B, Huicab ZG. 2020. Potencial biológico de residuos vegetales para producir *Pleurotus ostreatus* en zonas rurales de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11, 685-693. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.1925>
- Morett-Sánchez JC, Cosío-Ruiz C. 2017. Outlook of ejidos and agrarian communities in México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 14, 125-152. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5919242>
- Portillo A, Romero-Arenas O, Valencia MA, Hernández MA, Landeta G, Rivera-Tapia JA. 2019. Determinación de los parámetros de productividad de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *P. opuntiae* cultivadas en paja de trigo y pencas de maguey combinadas

- con sustratos agrícolas. *Scientia Fungorum* 49, 1-9. <https://doi.org/10.33885/sf.2019.49.1216>
- Salmones D, Mata G, Gaitán-Hernández R, Ortega C. 2020. Cepas de *Pleurotus pulmonarius* con alta capacidad productiva seleccionadas de micelio dicarióticos. *Scientia Fungorum* 50, e1270. <https://doi.org/10.33885/sf.2020.20.1270>
- Sánchez JE, Mata G. 2012. Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica investigación y desarrollo en un entorno multicultural. ECOSUR, Tapachula.
- Sharma A, Dua S, Hatwal V. 2012. Micro enterprise development and rural women entrepreneurship: way for economic empowerment. *Arth Prabhand: A Journal of Economics and Management* 1 (6), 114-127.
- Valencia MA, Castañeda MA, Huerta M, Romero-Arenas O. 2018. Carrizo silvestre (*Arundo donax*) como sustrato alternativo en la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Scientia Fungorum* 48, 15-22. <https://doi.org/10.33885/sf.2018.48.1231>
- Vargas-Mendoza Y, Santiago-García PA, Soto-Castro D, Gaitán-Hernández R. 2024. Establishment of a family production unit of *Pleurotus* spp. in a rural community of Oaxaca, Mexico. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 4, 523-535. <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i4.1660>
- Villanueva-Lendecky H, Villagómez IT. 2019. Rural women who undertake and empower themselves: Comparative analysis in communities in Mexico. *Budapest International Research and Critics Institute Journal* 2, 20-30. <https://doi.org/10.33258/birci.v2i4.567>