

Importancia de la recuperación de la planta de hongos comestibles del ICIDCA

Teresa de la Caridad Ledoux-Ovies*, Martha L. Salermo-Martínez, Raúl Costales-Sotero y Joel Arcia Montes de Oca

Instituto Cubano de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ICIDCA).

Vía Blanca No. 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba.

*teresa.ledoux@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

El objetivo de este trabajo consiste en recuperar una planta de hongos comestibles, situada en las instalaciones del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Esta planta estará dedicada a la producción y comercialización de hongos comestibles, tanto para el mercado interno como para el internacional. Además, es objetivo también, promover el consumo de esta variedad en diferentes presentaciones y tamaños y motivar a los consumidores que gustan de lo natural, pues posee valiosas propiedades antioxidantes, nutritivas y medicinales, que fortalecen el sistema inmunológico y brindan un sabor diferente, muy agradable a la comida. Se deberán realizar capacitaciones para sensibilizar a las personas con los problemas ambientales de su entorno, mostrarles las ventajas que se pueden obtener de un residuo industrial y aprovecharlo para convertirlo en una posible fuente alternativa de alimentación. Se trabajará con las especies *Pleurotus ostreatus*, para comercializarlo fresco; pero, en un futuro, se podría comercializar a gran escala, ya que constituye un producto de alta demanda internacional. Aunque ya no contamos con los pilares que crearon esta tecnología, es ciencia constituida en el ICIDCA y tenemos la responsabilidad de transmitirla y preservarla.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*, hongo comestible.

ABSTRACT

The main objective of this work is to recover the edible mushroom plant in our institute (ICIDCA), whose activities may be able to be carried out in our entity and that can generate large profits. This plant will be dedicated to the production and commercialization of edible mushrooms both in the national market and abroad. In addition to promoting the consumption of this variety of edible mushroom, in different presentations and sizes, among a greater number of consumers who like nature; promote its valuable antioxidant, nutritional and medicinal properties, since they strengthen the immune system and provide a different and very pleasant flavor to our meals. Training should be carried out, in order to raise awareness and sensitize people about the environmental problem that is happening in their environment and show them the advantages that can be obtained from an industrial waste and how to take advantage of it to turn it into a possible alternative source of feeding. It will work with the species *Pleurotus ostreatus*, to commercialize it fresh, but in the future, it could be commercialized on a large scale since this is a product in high demand internationally. Although we no longer have the pillars that gave rise to this technology, for the purposes it is a science established by the ICIDCA, and we have the responsibility to transmit it to preserve it over time.

Key words: *Pleurotus ostreatus*, edible mushroom.

INTRODUCCIÓN

Existe, en la actualidad, alta demanda nacional e internacional de hongos comestibles, en sus diferentes variedades; además, sus altos precios en el mercado indican la rentabilidad de este ne-

gocio. La tecnología también favorece la productividad de los hongos y genera disminución de los costos y mayor productividad.

En los últimos años el consumo mundial de hongos comestibles ha aumentado vertiginosamente, que genera ingresos anuales de más de \$ 7.5 billones de dólares. Este alto consumo se debe a la divulgación de las características alimenticias, medicinales y culinarias que poseen las diversas setas y responde a la tendencia actual de buscar alimentos sanos, con alto contenido de fibra, proteínas, vitaminas, minerales, entre otros (1).

En la investigación sobre el tema se encontró una gran variedad de hongos; pero, para el presente trabajo solo se tendrán en cuenta los de mayor demanda a nivel mundial y, en específico, al que se pretende desarrollar en el proyecto, el Champiñón: Ostra (*Pleurotus ostreatus*).

La implementación de este proyecto constituye una alternativa para satisfacer necesidades alimenticias a nivel local, crea fuentes de trabajo e ingresos y desarrolla actividades conexas (transporte, industria de empaques, proveedores de semillas, equipos y otros).

Se contribuye, además, a reducir la contaminación ambiental, pues en la producción de hongos se utilizan, como fertilizantes, residuos de la agroindustria, la industria forestal y de la crianza de animales, que son difíciles de eliminar y que, generalmente, se convierten en fuente de contaminación (1).

DESARROLLO

Aporte alimenticio y medicinal

Las setas son apetecidas por muchas razones: cuando se cocinan, impregnan a la comida un aroma agradable y un sabor exótico. Además, son una importante fuente de vitaminas, proteínas y minerales. Las calorías que aportan son bajas, por ello son consideradas como un alimento dietético, de bajo valor energético, que oscila entre 6,4 y 48 cal/100 g de peso fresco.

También contienen vitaminas B1, B2, B6, B12, C1. En el caso del *Lentinus edodes* posee un alto contenido de riboflavina, niacina y vitamina D, esta última posee un compuesto químico natural llamado ergosterol, que cuando se expone a la luz ultravioleta (o luz solar) se convierte en vitamina D2, necesaria en la absorción de calcio y fósforo, para una buena formación de los huesos; y, además, tiende a disminuir los efectos en el cáncer de seno y de colon (1).

Los hongos secos contienen entre 16 y 44 % de proteínas (sobre la base del porcentaje de materia seca) y esta es de mayor calidad que la mayoría de las proteínas vegetales; pues poseen, en ciertos casos, cantidades elevadas de aminoácidos esenciales (sobre todo, los azufrados).

En Japón, se ha demostrado que esta fibra baja el nivel de colesterol en humanos, previene el endurecimiento de las arterias y previene y regula la hipertensión; además, se recomienda a enfermos del hígado y del corazón.

También esta seta posee un efecto antiviral, porque produce una sustancia capaz de curar enfermedades, como: gripe, verruga, hepatitis B y C. Esta sustancia química es el Interferón: alfa y gamma, producida por células inmunes a infecciones vírales. Szent-Györyi (2) descubrió, en varias setas, sustancias que detienen la evolución del cáncer.

Por otra parte, su aporte calórico es bajo, puede considerársele un alimento dietético. El contenido de ácidos nucleicos es suficientemente bajo y no debe crear problemas de salud por consumo continuado en pacientes hiperuricémicos e, incluso, gotosos (3).

Los hongos comestibles poseen el doble de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales; cuentan, además, con leucina y lisina (ausente en la mayoría de los

cereales). Poseen alta cantidad de minerales (superan la carne de muchos pescados) y vitaminas. Completan la caracterización sus bajas calorías y carbohidratos.

Producción de los hongos

Para el cultivo de hongos comestibles, se pueden utilizar desde tecnologías artesanales hasta tecnologías con alto grado de industrialización, sin que ello implique diferencias en la calidad de la producción; y, en algunos casos, tampoco en el rendimiento.

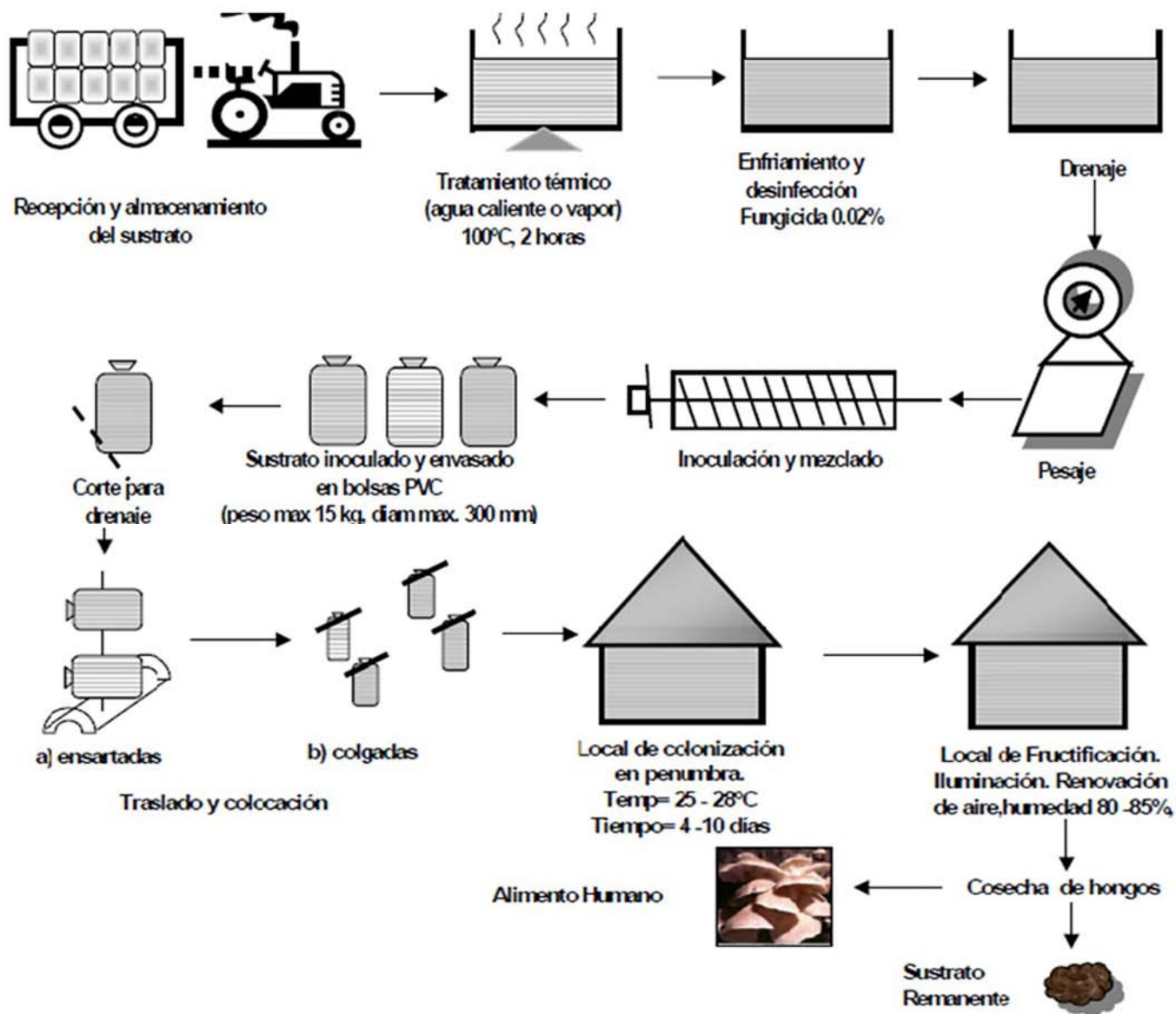


Figura 1. Diagrama del proceso de producción de hongos comestibles.

Se puede determinar el grado de industrialización en cada etapa del proceso productivo. Es decir, existe la posibilidad de adaptar la tecnología a los recursos con los que se cuenta, los costos y las necesidades del proceso operativo.

Los atributos que más aprecian los consumidores, en los hongos, son: el tamaño (de acuerdo con su uso final); el sabor, el olor y sus propiedades nutritivas. Además, se valora el color en los hongos frescos, la textura lisa, la consistencia dura y el mayor tiempo de conservación posible. No es grato para los clientes que los hongos se vean pardos (con manchas) o que presenten residuos de tierra.

Breve reseña de la especie a tratar

Pleurotus ostreatus. (Ostra) Esta especie es la de mayor demanda mundial y, debido a eso, su precio está por encima del resto.



Figura 2. Especie *Pleurotus ostreatus*.

Pleurotus ostreatus es una seta saprófita; es decir, crece de manera parasita sobre madera en descomposición, preferiblemente de especies de árboles de madera blanda y hoja caduca. Se puede encontrar, principalmente, en troncos de haya, sauce o chopo. Se considera, desde el punto de vista gastronómico, de primerísima calidad, por su fragante aroma y delicioso sabor, si se almacena a bajas temperaturas y se consume en un período corto de tiempo (4).

En general, el *Pleurotus ostreatus* presenta un sombrero o píleo liso convexo, raramente redondo, casi siempre en forma de ostra o concha. Puede presentar escamas hacia el centro o en la base y los cuerpos fructíferos; son, en general, concrescentes. El píleo puede medir entre 5 y 12 cm de diámetro. Su color es muy variable, negro violáceo, pardo ceniciento, gris, amarillo, blanco o rosa, según la especie. Sus laminillas son muy recurrentes, anastomosadas en la base, anchas, blancas y algunas veces amarillas. El estípite es corto, excéntrico o lateral, engrosado gradualmente hacia el lado del sombrero o píleo, algunas veces no se presenta; generalmente mide alrededor de 2 cm de largo, de 1 a 2 cm de grosor; es blanquecino y de contexto blanco, las esporas son de color lila o crema en masa, elipsoide con una talla promedio de 9,5 x 3,5 micras (5). El margen del sombrero cambia con la edad, enrollado en los ejemplares jóvenes y abierto en los adultos. La carne es firme, algo dura en los ejemplares adultos y de sabor y olor agradables.

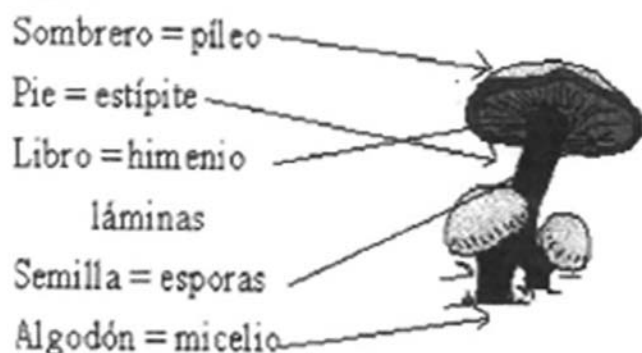


Figura 3. Partes principales de un cuerpo fructífero.

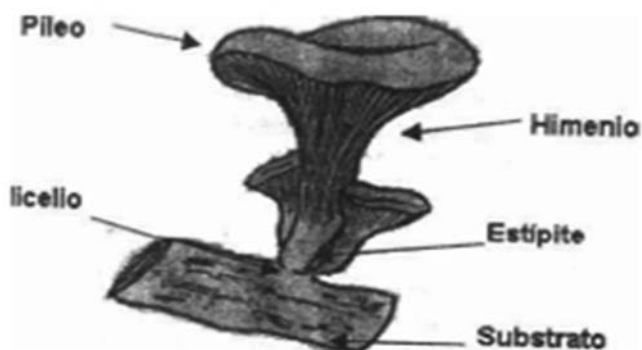


Figura 4. Partes macroscópicas de un hongo.

Propiedades medicinales del *Pleurotus ostreatus*

Efectos antitumorales: Recientes investigaciones han demostrado que algunas variedades de hongos comestibles, entre ellos, el *Pleurotus ostreatus*, contienen cantidades importantes de polisacáridos, de estructura molecular compleja, a los cuales se les ha encontrado una importante capacidad antitumoral; es decir, se ha comprobado a nivel de laboratorio que estas sustancias son capaces de retardar y disminuir el tamaño de algunos tipos de tumores, además de prevenir su for-

mación. Seguramente el mecanismo consiste en que estos polisacáridos actúan como potenciadores de las células de defensa que, posteriormente, destruyen las células cancerosas, sin ocasionar efectos colaterales al enfermo (5).

Efectos antivirales: Los mecanismos que estimulan el sistema inmune del organismo, actúan de la misma manera para combatir algunos agentes infecciosos, tanto virales como bacterianos, el hecho de que se puedan activar mediante estos polisacáridos ciertos sistemas de defensa, puede contribuir como coadyuvante en el tratamiento de enfermedades de deficiencia inmunológica como el SIDA y otras enfermedades de origen autoinmune, como la artritis reumatoide o el lupus. Se sabe que el micelio del *Pleurotus* contiene una mezcla de diferentes polisacáridos de bajo peso molecular y sustancias similares a la Zeatina, las cuales contienen citoquinina, estas son sustancias similares a fitohormonas, con efectos antivirales y que no causan efectos colaterales ni toxicidad en pacientes enfermos (6).

Efecto antibiótico: Se han aislado glicopéptidos (lectinas) que contienen aminoácidos ácidos con glucosa, arabinosa, galactosa, manosa y xilosa, en la cadena de carbohidratos, con excelente capacidad fungicida y antibiótica, estos componentes han sido aislados tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus japonicus*, *Pleurotus ostreatus*. Estas sustancias han sido útiles en el control de algunas enfermedades de las plantas. Otras importantes sustancias con actividad antibiótica son los componentes aromáticos volátiles, que caracterizan a la mayoría de las especies de *Pleurotus* o setas, estos son componentes de 8 carbonos en su estructura molecular, que originan el aroma y sabor característico que distingue a este tipo de hongos, estas sustancias han demostrado tener una fuerte capacidad antibacteriana y, por tanto, antiinflamatoria contra diferentes tipos de agentes infecciosos (5).

Control del colesterol: Las setas contienen también Mevinolin y otras sustancias relacionadas, que son potentes inhibidores de la HMG CoA reductasa, enzima responsable en la biosíntesis del colesterol, por sus efectos se le considera como un hongo hepatoprotector (6).

Efecto antioxidante: Los hongos de la pudrición blanca, (hongos que crecen en troncos de madera), a los que pertenecen los *Pleurotus* o setas, poseen sustancias con propiedades antioxidantes, por lo que pueden constituir una fuente potencial de bioantioxidantes, o de preparaciones complejas con propiedades antioxidantes (4).



Figura 5. Fructificaciones de *Pleurotus ostreatus* listas para el consumo humano.

La seta de ostra, como otras setas, representa una fuente importante de selenio. El selenio es muy importante para el metabolismo humano y ha demostrado ser uno de los micronutrientes que poseen un mayor efecto antioxidante y de protección contra algunos tipos de cáncer. Su alto contenido en polisacáridos conlleva una acción beneficiosa sobre el sistema inmunológico.

Comparte con el resto de setas comestibles el hecho de contener glúcidos que las enzimas humanas no pueden digerir, pero que pueden ser fermentados parcialmente por las bacterias del colon, que se comportan en el aparato digestivo humano de manera similar a la fibra alimenticia.

La fibra y estos glúcidos se hinchan con el agua y regulan el tránsito intestinal. Las setas también aumentan la excreción de ácidos biliares y tienen propiedades antioxidantes e hipocolesterolemiantes.

Importancia en la alimentación humana

Tabla 1. Contenido nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus*

Sustancia	%
Agua	92.20
Materia seca	7.80
Ceniza	9.50
Grasa	1.00
Proteína	39.00
Fibra	7.50
Fibra cruda	1.40
Nitrógeno tota	2.40
Calcio	33 mg/100 g
Fósforo	1.34 mg/100 g
Potasio	3793 mg/100 g
Hierro	15.20 mg/100 g
Ácido ascórbico. Vit. C	90-144 mg/100 g
Tiamina. Vit. B1	1.16-4.80 mg/100 g
Niacina. Vit. B5	46-108.7 mg/100 g
Ácido fólico	65 mg/100 g

Por su alto contenido proteico, a este hongo se le llama “bistec vegetal”, su proteína es asimilable y, además, presenta buenas características organolépticas. Los hongos comestibles tienen de 19 a 35 % de proteínas aprovechables en peso seco; es decir, su peso sin contenido de agua, en comparación con la mayoría de las frutas y hortalizas, que tienen entre 7.3 y 13.2 %. Además, contiene tiamina (vitamina B), riboflavina (vitamina B2), piridoxina (B6), ácido pantotéico, biotina, ácido fólico, nicotinamida, ácido ascórbico (vitamina C), ergosteina (provitamina D) y minerales como fósforo, hierro, calcio y potasio (5).

Características del sustrato para el cultivo de hongos comestibles

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* pertenece al siglo XX y, a pesar de ser relativamente reciente, ha tenido un desarrollo muy rápido; en la actualidad, se cultiva en casi todas las latitudes del mundo. Su caso merece una atención especial, debido a la diversidad de sustratos sobre los que es capaz de crecer

y puede apreciarse, de manera directa, su impacto benéfico en el aprovechamiento de desechos agropecuarios.

Al material sobre el que crecen los hongos se le llama sustrato, que degradan para su alimentación; por tal motivo, la naturaleza química del sustrato, está en relación directa con las necesidades de crecimiento del hongo. Además de la naturaleza química del sustrato, están los factores físico-químicos, como pH, textura y factores ambientales, como la humedad y la temperatura.

Las especies de *Pleurotus* toman de la degradación del complejo lignina-celulosa su material nutritivo, por lo que crecen sobre madera o productos relacionados con estos, algunos hongos requieren que el sustrato esté poco degradado; sin embargo, el *Pleurotus* no necesita descomposición previa del sustrato.

En la selección del sustrato para el cultivo de hongos comestibles, es necesario conocer los requerimientos del hongo que se cultivará y la disponibilidad y abundancia del sustrato, ya que si la producción del sustrato es estacional, como es el caso de la pulpa de café o bagazo de caña, existirá un obstáculo en la labor continua del proceso de producción (5).

En cuanto a la capacidad de retención de humedad, los hongos tendrán un crecimiento óptimo en sustratos que tengan entre 70 y 80 % de humedad; por debajo de estos porcentajes, el micelio crecerá de manera irregular, con poco vigor y será afectado más fácilmente por organismos competidores, que limitarán su crecimiento sobre el sustrato. Pero con valores mayores de 80 % de humedad, el micelio disminuirá su crecimiento, al encontrarse en un medio anaerobio provocado por exceso de humedad, dentro del cual no se encuentran espacios disponibles en el sustrato, para ejercer su acción enzimática (5).

Como producto de la respiración de los hongos en el sustrato, se libera calor, CO₂, agua y otros metabolitos. Los sustratos que fácilmente se compactan no son adecuados para el cultivo de los hongos, ya que las condiciones de anaerobiosis que se crean en su interior no son las adecuadas para el crecimiento del micelio.

Los sustratos adecuados para el cultivo de los hongos se pueden clasificar en seis categorías (7)

- Pajas de ajonjolí, arroz, cártamo, cebada, sorgo, trigo, avena.
- Rastrojos de maíz, mijo, garbanzo, frijol, entre otros.
- Pulpas de café, cardamomo.
- Bagazos de caña de azúcar, de citronela, maguey tequilero, henequén, uva.
- Forestales, tales como: aserrín, viruta, troncos y ramas.
- Otros: papel, olote, tamo de maíz, hojas (brácteas) de piña, fibra de coco, lirio acuático, hojas y tallos (cañones) de plátano, caña de azúcar, desechos de la industria textil (como algodón), entre otros.

Algunas veces, una combinación de sustratos favorece mejor el desarrollo de los hongos, como es el caso de mezclas de pajas con pulpas de café o bagazo de caña de azúcar (8), o este último con pulpa de café. Por ejemplo, el bagazo de la caña de azúcar solo, tiene poco rendimiento, lo que se puede mejorar mezclándolo con la pulpa de café o pajas.

Cuba inició sus actividades para lograr un sustrato con residuos de la cosecha cañera, a partir de 1989, con la implementación de una tecnología muy simple. Esta actividad se centró en el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) (9), se trabajó con bagazo de caña para la producción de *Pleurotus*, en investigaciones básicas del proceso (10). Los sustratos comúnmente disponibles en nuestro país como subproductos de la caña de azúcar son:

- Bagazo propiamente dicho.
- Cachaza.
- Despunte o cogollo.

A mediados de los '90, el ICIDCA comenzó a desarrollar programas para la obtención de bioproductos con el fin de mejorar la agricultura, que tuvieran propiedades antifúngicas y bioestimulantes, para su aplicación en diferentes cultivos de interés económico y, así, eliminar la utilización de productos químicos agresivos al ecosistema y a los seres vivos y, con la aplicación controlada de estos, proteger las plantas del deterioro producido por agentes fitopatógenos y estimular su crecimiento (11).



Figura 6. Desechos de la agroindustria azucarera empleados para la producción de *Pleurotus ostreatus*. De izquierda a derecha: bagazo, despunte y cachaza.

El sustrato degradado tiene un mayor contenido proteico, comparado con el sustrato original; también tiene características mejoradas, pues acarrea nutrientes líquidos y retiene mejor el agua que el rastrojo. Además, la lignina del desecho usado como sustrato, es degradada por el hongo y convertida en una sustancia más digerible y enriquecida, conveniente para la alimentación de gana-

do. El sustrato degradado puede ser reciclado y su proteína recuperada para la alimentación animal, siempre que el sustrato esté libre de patógenos y micotoxinas. El material degradado se considera como un producto de calidad mejorador del suelo.

El sustrato degradado por el *Pleurotus ostreatus*, puede usarse como:

- Mejorador orgánico para jardines.
- Abono orgánico en agricultura y horticultura.
- Componente primario para la reconstrucción de humedales que han sido diseñados para remediar el agua efluente del drenado de minas. Este componente orgánico sirve como soporte para el desarrollo de flora y fauna en el humedal, pero también absorbe componentes pesados del agua contaminada.
- Estabilizador orgánico del suelo en sitios severamente perturbados. Esto incluye minas abandonadas, sitios de excavación, laterales de carreteras, especialmente en áreas montañosas y espacios verdes urbanos multiusos.

Otros sustratos que pueden ser empleados en nuestro país

Debido a sus características nutricionales y medicinales, en Cuba se ha trabajado en la introducción, producción y consumo de setas del género *Pleurotus*, en varias provincias, dentro del Programa de agricultura urbana.

El *Pennisetum purpureum* Schumach

El *Pennisetum purpureum schumach*, conocido como hierba elefante, pasto elefante, pasto Napier o pasto Uganda; es una de las especies de gramíneas más utilizadas por los ganaderos, principalmente en ganadería de leche intensiva, en forma de forraje picado, de mayor producción de materia seca, alta palatabilidad y calidad nutritiva. Estudios han arrojado que el *P. purpureum* ha sido utilizado como sustrato para el cultivo de 49 especies de hongos comestibles y medicinales, entre ellas *Pleurotus ostreatus*, con la ventaja de que una vez que se cosecha el hongo, el sustrato residual puede reciclarse para una nueva producción.

En Cuba existen pocos estudios relacionados con el cultivo de hongos comestibles y no están establecidas las tecnologías de producción con gramíneas como sustrato. Esta gramínea tradicionalmente utilizada como forraje animal, crece silvestre en las áreas suburbanas del país, propicia el enyerbamiento y la propagación de plagas; por ello, su uso contribuiría a la disponibilidad de sustrato celulósico de alta calidad para la producción de alimento humano.



Figura 7. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (P969) con el uso de *Pennisetum purpureum*. A. Formación de basidiomas. B. Cuerpos fructíferos para cosechar.

Oryza sativa L.

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una fuente importante de carbohidratos, vitaminas, minerales y fibras. Es un plato básico en la alimentación de la familia cubana.

En Cuba se produce actualmente un aproximado de 300 mil t de arroz y el Programa de desarrollo anunció para el año 2020, lograr unas 400 mil t para el consumo (12); por lo que se obtienen cada año grandes cantidades de sustrato residual (paja) luego de cada cosecha.

La nutrición del hongo tiene su base en la calidad del sustrato vegetal donde se producirá; se ha comprobado que, a partir de la disponibilidad de nutrientes presentes en la paja de arroz, se obtienen cuerpos fructíferos de alta calidad y degustación apropiada (12).

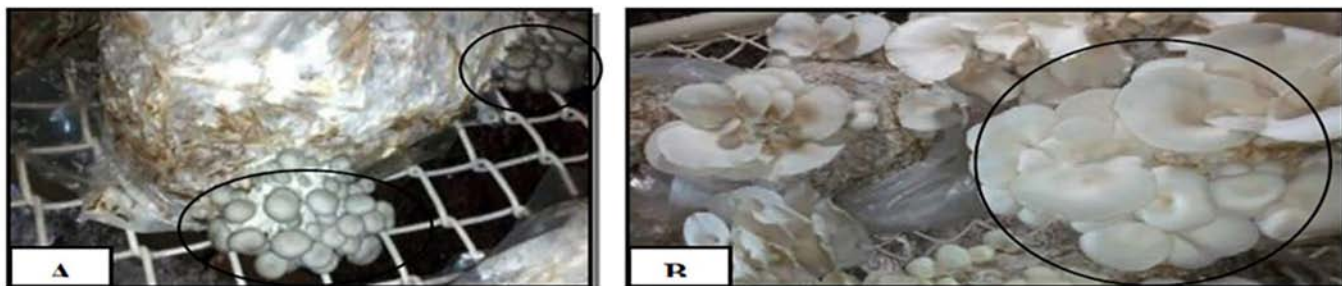


Figura 8. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, con el uso de la paja de arroz.

A. Formación de basidiomas. B. Cuerpos fructíferos para cosechar.

Distribución en planta

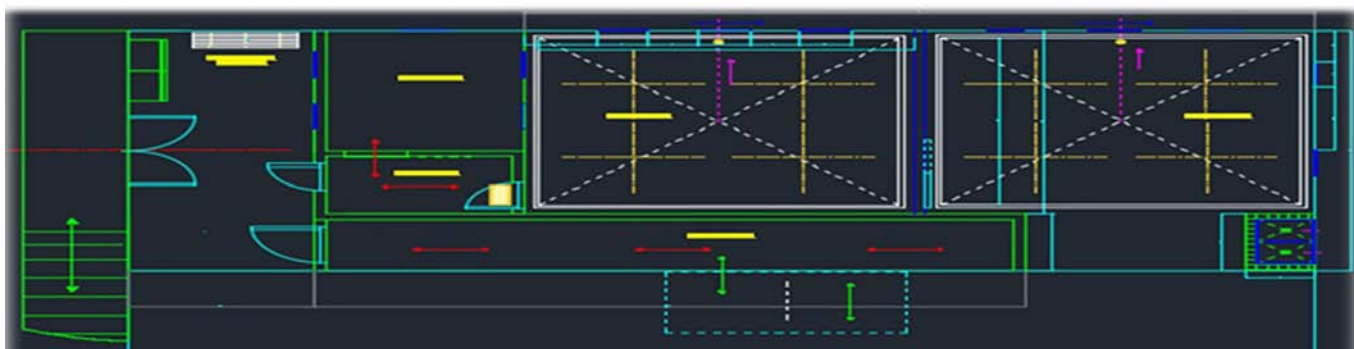
Independientemente del tipo de sustrato que se utilice en la producción comercial de hongos comestibles, es posible identificar algunas operaciones genéricas. La planta productora de hongo deberá constar de las siguientes áreas:

- Área de recepción y almacenamiento de sustrato.
- Área de tratamiento mecánico del sustrato.
- Tratamiento térmico del sustrato.
- Laboratorio de producción de inóculo.
- Área de incubación del inóculo.
- Inoculación y llenado de dispositivos de fermentación.
- Dispositivos de fermentación.
- Área de cultivo y fructificación.
- Área de beneficio y conservación de los hongos.

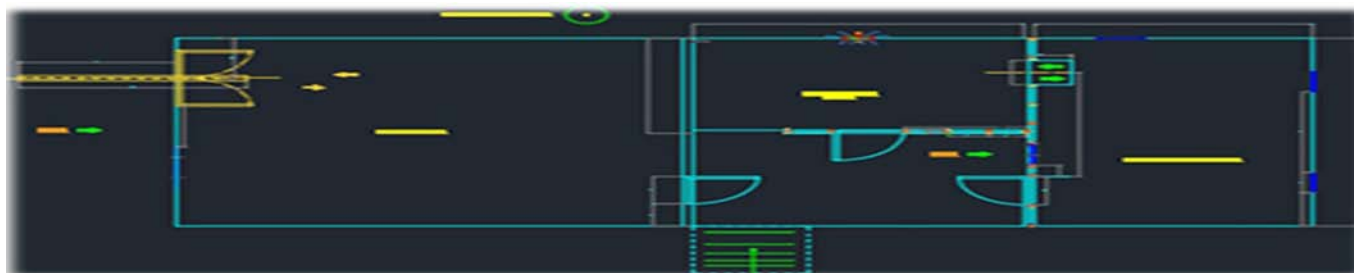
La planta piloto del Instituto está concebida de la siguiente manera, dividida en dos secciones: la planta baja, que estará destinada fundamentalmente a la producción de las setas, requiere transformaciones, mayormente configuradas por tabiques separadores.

Y la planta alta sobre estructura metálica, se destinará a la producción del inóculo y el almacenamiento de los sustratos para la producción. El pasillo de la planta baja cumplirá funciones de separador de los dos niveles y como medio físico para limitar el acceso a la producción del inóculo, que se desea preservar por su carácter microbiológico.

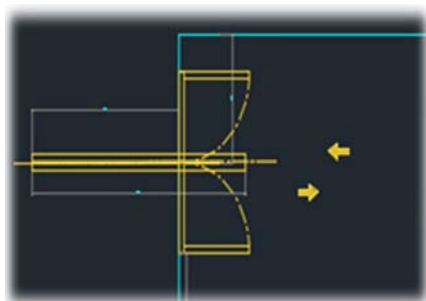
Se ha de realizar la preparación de los sustratos fuera del espacio de la planta, por ello se solicita adecuar áreas adjuntas al generador de vapor, del cual se tomará la energía necesaria para la esterilización.



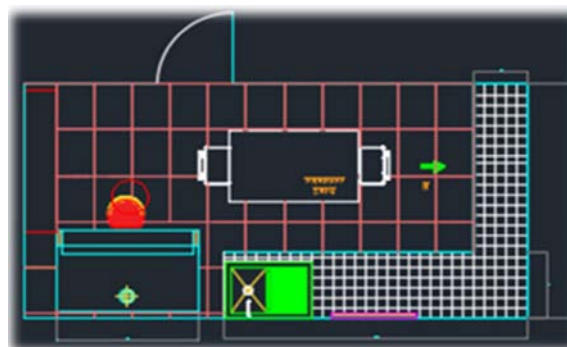
Producción Planta piloto. Planta baja.



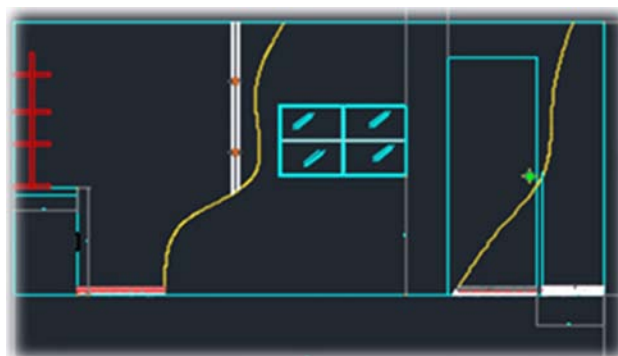
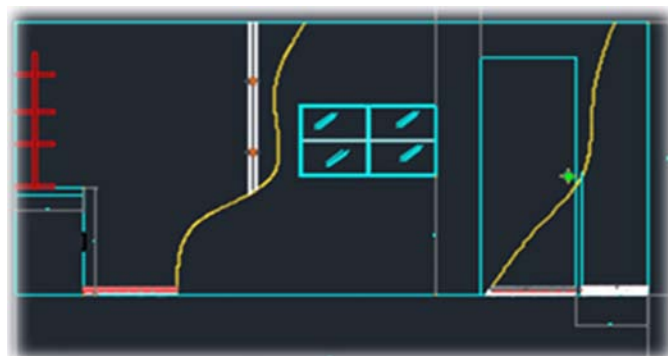
Producción Planta piloto. Planta alta.



Almacén de sustratos.



Preparación del inóculo.



Reproducción del inóculo



Requerimientos para una planta de producción

Mantenimiento necesario

Higiene de la planta: Cada una de las áreas de la planta deberá tener limpieza periódica de pisos, mesas de trabajo, utensilios, drenajes, sistemas de riego y extractores. Semanalmente se deberá desinfectar paredes, ventanas, techos, anaqueles y equipo de pasteurización. Colocar en la entrada de cada área tapetes con solución desinfectante.

Acceso a la planta: Evitar las visitas y permitir sólo el acceso limitado, con ropa adecuada. No se autoriza el intercambio de personal, durante el proceso de las diferentes tareas del cultivo.

Diseño de la planta: Distribuir las áreas de trabajo de tal manera que haya comunicación entre ellas; pero, a su vez, que estén aisladas para evitar posibles zonas de contagio.

Revisiones periódicas: Realizar muestreos periódicos en diferentes partes de las áreas, que permitan detectar la presencia de alguna plaga o contaminante, como bióticos (insectos, nemátodos, roedores, hongos, bacterias, virus y otros) y abióticos (temperatura, humedad relativa, altas concentraciones de anhídrido carbónico (CO₂) en el aire y exceso de humedad en el sustrato).

Personal: Todo trabajador deberá realizar sus actividades con equipo y ropa limpia y debe conocer las repercusiones de un mal manejo del proceso del cultivo.

Estudio de mercado. Comportamiento del producto a nivel global

El cultivo de hongos comestibles se ha incrementado considerablemente en los últimos años a nivel mundial y se prevé que la tendencia siga una línea ascendente; como consecuencia el consumo también se ha incrementado, probablemente debido a que existe un mayor conocimiento por parte del consumidor de las propiedades nutricionales y saludables de los hongos.

La producción de hongos comestibles en Latinoamérica, es una actividad relativamente nueva, en comparación con los países productores de Norteamérica, Europa y, sobre todo, Asia. Con amplias perspectivas y una dinámica interesante, el subcontinente participó en el 2002 con el 17 % de la producción mundial, situación que países como México, Chile y Brasil han sabido aprovechar.

Principales productores y exportadores

Asia es el continente que produce más setas y hongos, con el 49 % de la producción mundial que, en el año 2002, ascendió a 3,03 millones de toneladas. Le siguen Europa (34 %) y América (16 %). El comportamiento más dinámico de la producción, en el último quinquenio, lo tiene Asia. El resto de la producción está concentrada en Japón, Alemania, Holanda, Francia, Polonia, España y Canadá, principalmente.

El comportamiento en la actualidad de proveedores del mercado y de consumidores, se presenta:

- China es el principal país exportador con el 65 % del consumo mundial, seguido de Irlanda, RAE, Hong Kong, Alemania e Italia.
- El 77 % de las exportaciones mundiales están concentradas en Asia; en América del Norte el 1.35 % y, en Europa, el 19 % de las exportaciones totales. Vemos que la mayor concentración se encuentra en Asia, un continente donde se encuentran los mayores productores de hongo.

China es el principal productor con 761.589 toneladas por año, que corresponde al 86.8 % de la producción mundial; seguido de Japón y el resto de Asia, con 13.328 y 88.585 toneladas respectivamente, para un 1.5 y 10.1 % de la producción mundial.

Tabla 2. Concentración de producción línea de Orellana, a nivel mundial

País	Toneladas	%
China	761.589	86.8 %
Japón	13.328	1.5 %
Resto de Asia	88.585	10.1 %
América del Norte	1.503	0.2 %
América Latina	200	0.0 %
EU	6.213	0.7 %
Resto de Europa	5.812	0.7 %
África	200	0.0 %
Total	877.431	100 %

Desarrollo del mercado en Cuba

La producción artesanal de hongos comestibles, esta tecnología que transfiere el Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical (INIFAT), utiliza desechos agrícolas, como: la paja de arroz, residuos de hojas de plátano y cáscara de café y paja de caña, utilizados como sustrato para el desarrollo de hongos comestibles.

El sustrato se inocula con semillas de millo y maíz colonizadas con el micelio de la cepa a cultivar. Para ello se utilizan cultivos madre de diferentes especies, que son suministradas también por INIFAT.

El ciclo de producción, por cada módulo de casa de cultivo, tiene una duración de 35 días. En el INIFAT se produce el inóculo certificado de alta calidad de estos hongos y es distribuido a la Red nacional de productores. Con estas producciones se incrementa el nivel nutricional de nuestra población.

El impacto social de esta introducción se puede medir, también, por la generación de nuevas fuentes de empleo. El Movimiento nacional de la agricultura urbana acciona como introductor directo de la tecnología, que ha sido divulgada por el INIFAT, mediante el documento de Instructivo técnico para el cultivo artesanal de hongos comestibles y, a tal efecto, brinda la capacitación necesaria para estas producciones.

Esta tecnología se ha aplicado con éxito en las provincias que forman la Red nacional de productores de hongos comestibles: Viñales (Pinar del Río); Santiago de las Vegas, Boyeros; Alamar, Habana del Este (La Habana); San Antonio de los Baños, (Artemisa); San José de las Lajas, Jaruco, (Mayabeque); Cárdenas (Matanzas); Espartaco, Palmira (Cienfuegos); y Sancti Spíritus, Trinidad (Sancti Spíritus).

Impacto del cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*

Impacto ambiental

El cultivo de la Orellana requiere de poca mano de obra, es completamente orgánico, pues no utiliza fertilizantes y requiere de poco terreno para producir toneladas del producto final, por estas características destacables se considera que el desarrollo de este cultivo tiene un impacto ambiental positivo, ya que permite una mayor preservación de ecosistemas vecinos, al disminuir la contaminación y el uso de fertilizantes; contribuye con una nueva alternativa de cultivo, que permitirá reducir el daño ecológico presente en el manejo inadecuado de otros cultivos. En consecuencia, al manejar una producción controlada de este producto, se evitará la recolección de hongos que no estén aptos, con éxito en el ciclo reproductivo y un mejor producto final.

Los residuos generados son clasificados como materia orgánica y de fácil descomposición en el ambiente.

Impacto económico

Se estima que el impacto económico será positivo para el sector agrícola nacional, ya que permitirá un mayor desarrollo e innovación en la agricultura de la región, con una mayor sostenibilidad, incremento y diversificación del portafolio de productos cultivados; además, se podrá contar con una producción homogénea, de calidad y con características aptas para el consumo humano.

Este es un cultivo intensivo, que no requiere de grandes extensiones de tierra, que en un futuro significará, para gran parte de la población campesina, un incremento de sus ingresos, con una baja inversión inicial (13).

Existe la tendencia a los altos precios de estos productos, por su alto valor nutricional; pues en el mundo son consumidos en restaurantes gourmet, de cuatro y cinco tenedores, en pizzerías, bufetes, hoteles cuatro y cinco estrellas, empresas distribuidoras de alimentos, preparados para aerolíneas, minimarkets y supermercados. Su introducción en el mercado internacional generaría una nueva alternativa en la entrada de ingresos al país.

Impacto social

Ofrecerá a sus consumidores un producto saludable, mediante el procesamiento de encurtidos y conservas, completamente orgánico, sin conservantes ni colorantes químicos. La finalidad es ofrecer un producto para consumidores con hábitos de vida saludable y que gusten de lo natural; que por sus ocupaciones sociales no permanecen en casa y buscan un alimento saludable y fácil de preparar, con alto contenido de proteínas.

Impacto para Cuba

Experiencias previas nos permiten afirmar que esta tecnología puede abarcar escalas de 1 a 10t/año (demostrativas y artesanales), hasta 50 t/año (industriales), las que podrían realizarse con el apoyo de otras instituciones y un adecuado nivel de logística, a solicitud expresa. Una planta de hasta 5t/año resultaría interesante, para producir en cantidades que permitan desarrollar tecnologías de conservación, comercialización interna y externa, así como explotar productos de mayor impacto económico.

En la actualidad, la posibilidad convenir con empresas del sector agropecuario y alimentario (conservas), podría facilitarnos la entrada en el mercado nacional y propiciar exportaciones conjuntas; además, aprovechar nichos conocidos para estas. La venta del inóculo puede resultar igualmente atractiva.

DISCUSIÓN

El cultivo y la comercialización de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agroindustriales, son actividades recientes en Latinoamérica, con el objetivo de obtener alimentos proteicos para el consumo humano con sustratos residuos lignocelulósicos de bajo valor agregado; se deben cultivar por lo simple de su tecnología, la abundancia y la diversidad de los sustratos utilizados en su cultivo, puesto que crece muy bien en pajas, desechos de madera, aserrín, cáscaras de nueces, desechos vegetales e, incluso, en papel picado humedecido y con pequeñas cantidades de carbonato de calcio. En nuestro país, el bagazo, sus mezclas y el despunte de caña pueden ser empleados para este tipo de cultivo de hongos con rendimientos cercanos al 100 % (14).

Los beneficios ecológicos de su comercialización parten de la solución a un problema ambiental, pues se disminuye la contaminación atmosférica por quemas de desechos al aire libre; la eliminación de contaminantes que se descargan a las aguas superficiales y a las aguas subterráneas; también a los suelos, con posibles efectos adversos; por otra parte, la generación de compost, a partir de los desechos, que posibilitaría la restauración de zonas degradadas. No sólo es una alternativa de alimentación, sino una oportunidad de generar nuevos productos y mercados.

CONCLUSIONES

El hongo comestible *Pleurotus ostreatus* es un producto de Biocomercio sostenible porque se deriva del aprovechamiento de recursos biológicos e involucra criterios de buen manejo ambiental y social, además de distinguirse por su rentabilidad económica y financiera, y con su fomento:

Se promovería la producción sana y segura de alimentos y optimizaría la calidad en la agricultura y el medioambiente, pues reduciría el uso de abonos químicos y plaguicidas.

Resultaría de gran impacto para el Centro desarrollar plantas de pequeña capacidad, entre 5 a 10 t/año y aprovechar escenarios naturales con un impacto considerable, tanto en lo económico como en lo social.

Desarrollaría la producción de polisacáridos antibacterianos y antioxidantes, como productos naturales, con incentivos comerciales y beneficios para la salud.

Se incursionaría en la industria de conservas agrícolas.

Fomentaría los beneficios económicos alternativos, con aprovechamiento de los subproductos que genera la actividad agrícola de la región y satisfaría la demanda del mercado nacional e internacional.

RECOMENDACIONES

Se recomienda incentivar el cultivo y consumo de los hongos comestibles, como el *Pleurotus ostreatus*, por ser un cultivo del que se puede utilizar gran cantidad de residuos agroindustriales, como sustrato. Además, el cultivo doméstico de los hongos comestibles es una alternativa didáctica, innovadora y sostenible para generar el conocimiento de sus propiedades gastronómicas y nutricionales. Se sugiere como parte del protocolo de producción, realizar un tratamiento de lavado del

sustrato y, adicionalmente, de desinfección alcalina, porque reduce drásticamente la contaminación del sustrato.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Freundt, P. (2003). Producción y comercialización de hongos comestibles para el mercado nacional e internacional. Tesis de pregrado en Economía. Universidad de Piura. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Programa Académico de Economía. Piura, Perú.
2. Szent-Györgyi A, Isenberg I, Baird SL. On the electron donating properties of carcinogens. Proc Natl Acad Sci, USA 1960; 46: 1444-E.
3. Otero, M.A; Cabello, A.J (1980) SCP low in nucleic acids by alkaline treatment Biotechnol Letters 2:379-384.
4. Kalac, P and Krized, M (1997) Formation of biogenic amines in four edible mushroom species, stored under different conditions. Food Chemistry Vol 58 № 3 p.233-236.
5. Galvis, N.; Perea, I. Beneficios de la comercialización del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, producido sobre desechos agroindustriales como alternativa de biocomercio, en Santiago de Cali. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas. Departamento de Ciencias Ambientales. Programa de administración del medio ambiente y de los recursos naturales. Santiago de Cali. (2006).
6. Maccapa, B.L. Producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm), sobre residuos lignocelulósicos en la provincia de Puno. Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Repositorio Institucional. (2021).
7. Mata, G.; Gaitan Hernández, R. (1995) Cultivo de *Pleurotus* en hongos de caña de azúcar. Revista Mejicana de Micología 11, 17-22.
8. Gaitán-Hernández, R; Mata, G; Guzmán, G (1993) Cultivation of *Lentinus lapideus* in México. Production of fruiting bodies on coniferous wood shavings Mushroom Research 2:79-82.
9. Anon (1996) Paquete de tecnología transferible para la implementación de la producción comercial de hongos *Pleurotus* spp., Informe interno ICIDCA.
10. Lois J; Gutiérrez IY (1989) Posibilidades del cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* (oyster mushrooms) utilizando como sustrato residuos cañeros de centro de acopio en Cuba, Informe interno ICIDCA # I2-004-3609-89.
11. Wilson, M; Backman, P.A. (1998) Biological control of Plant Pathogens, Hand Book of pest Management. Dee J. R. Ruberson, Marcel Dekker pp. 309-335
12. Plana, I.; Garbey, R.; Caraballo, M.; Durán, E. y Hernández, W. Empleo del *Pennisetum purpureum* schumach. (hierba elefante) en el cultivo de los basidiomicetos comestibles *Pleurotus eryngii* y *Pleurotus ostreatus*. Agrotecnia de Cuba, 2018, 42 (2): 23- 30.
13. Plana, L.; Hernández, E.; Caraballo, M.; García, D.; Meléndez, O.; Llera, L. y Duarte, C. Cultivo en paja de arroz (*Oryza sativa* L.) de la cepa p969 de *Pleurotus ostreatus* (jacq.) P. kumm. Agrotecnia de Cuba, 2020, 44 (1): 26 – 32.
14. Jaramillo, A. Estandarización y desarrollo de las tecnologías de bajo costo para la producción de hongos comestibles del genero *Pleurotus*. Universidad Nacional de General San Martín, (2014). <https://doi.org/10.22490/24629448.403>.