

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA. UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LAS SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

Diseño y adaptación de un invernadero para la producción de hongos comestibles

Prestador de Servicio Social:

Israel Rubalcava Alejo
Matrícula: 2152030416

Asesores Internos:

Antonio Flores Macías.
No. económico: 13174

Guadalupe Ramos Espinosa
No. Económico 12394

Lugar de realización:

Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco. Universidad
Autónoma Metropolitana Xochimilco (100% en línea - Proyecto Emergente UAMX)

Fecha de inicio y terminación:

Del 1 de junio al 1 de diciembre del 2021.

CONTENIDO

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	3
JUSTIFICACIÓN	4
MARCO TEÓRICO.....	4
Generalidades de hongos comestibles	4
Características generales del Champiñón <i>Agaricus bisporus</i> (J.E.Lange) Imbach ..	5
Composición nutricional del champiñón.....	6
Sistemas de producción de champiñón	6
Generalidades de la seta <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	7
Composición nutricional de la seta	7
El cultivo del género <i>Pleurotus</i>	8
Generalidades del Shiitake <i>Lentinula edodes</i> (Berk) Pegler	8
Diseño de planta de producción.....	9
Aspectos técnicos del invernadero	10
Tipos de invernadero	10
Factores para considerar en la construcción de invernaderos.....	14
Orientación del invernadero	15
Norma Mexicana para el Diseño y Construcción de Invernaderos.	16
Materiales empleados en las estructuras.....	16
Propiedades de los plásticos de invernadero.....	16
OBJETIVOS	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos	17
MATERIALES Y MÉTODOS	17
Localización	18
Elección del invernadero.....	19
Descripción de la estructura.....	19
Suministro de materiales	20
OBJETIVOS Y METAS ALCANZADAS.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
CONCLUSIONES.....	24
RECOMENDACIONES	24

RESUMEN

El cultivo de hongos comestibles es un sistema de bioconversión ecológica donde los hongos degradan residuos agrícolas para su crecimiento y formación de cuerpos fructíferos. Su consumo se remonta desde tiempos en que la humanidad recolectaba sus alimentos y más recientemente incluido en sistemas agrícolas. Para ello, es necesario que el cultivo se establezca en locales con monitoreo constante de temperatura, humedad, luminosidad y control de plagas y enfermedades. Algunos de ellos se pueden adaptar a diferentes climas y altitudes. En el caso de México se han puesto a prueba el cultivo de distintas especies como lo son *Pleurotus Ostreatus*, *Agaricus bisporus* y *Lentinula edodes* tanto como para uso comercial y de traspatio en sistemas protegidos ya que esto se puede lograr ser en cuartos o almacenes en desuso o bien en invernaderos especializados en cultivo de hongos. En el presente proyecto se propone establecer un invernadero en azotea para producción de hongos comestibles, a través del programa comunitario de gobierno donde se contemplan los gastos de instalación y suministro de materiales. Es por ello por lo que la elección del tipo de invernadero se realizará con base en las condiciones climáticas de la zona y espacio disponible. Asimismo, se propone un prototipo de invernadero para ser usado en zonas urbanas con recomendaciones basadas en la experiencia y revisión bibliográfica.

INTRODUCCIÓN

Los hongos han existido en la historia de la humanidad desde tiempos inmemoriales. Los estudios realizados sobre estos señalan su amplia distribución en diversos nichos ecológicos y su papel es relevante en relación con los hábitos alimenticios y por sus propiedades toxicológicas. Su estudio ha aportado nuevos conocimientos que incluyen aspectos taxonómicos, ecológicos, nutricionales y más recientemente los temas farmacológicos y bioquímicos (Coppiano y Merchán, 2020). Sin embargo, uno de los aspectos más explotados es la utilización de los hongos como alimento humano, en vista de su fácil y masiva propagación en substratos naturales y por sus características organolépticas deseables. El cultivo de los hongos comestibles es un

sistema de bioconversión ecológica, pues lo que al hombre le es poco útil y que desecha, como las pajas, bagazos, cascarillas y pulpas, los hongos lo transforman en alimento proteínico y en mercancía para venta (Piña et al., 2017). En el presente proyecto se propone establecer un invernadero en la azotea o terraza de una vivienda urbana al sur de la ciudad de México con el objetivo de cultivar hongos comestibles y favorecer el aprovechamiento de espacios que frecuentemente están en desuso. Así mismo, se busca promover el autoconsumo por su facilidad de adaptación y valor nutricional, además de generar considerables beneficios ambientales, sociales y económicos; ya que promueve la producción local contribuyendo a la cohesión social.

JUSTIFICACIÓN

El cultivo de hongos comestibles ha demostrado ser una actividad con grandes beneficios económicos, ecológicos y nutricionales, por lo que contar con las instalaciones adecuadas e información sobre el manejo del cultivo, garantizará frutos de calidad para consumo humano (Salmones, 2017). Lo anterior nace de la confirmación de un principio fundamental y universal: la dieta humana debe ser variada, suficiente, equilibrada y que garantice una completa satisfacción biológica, psicológica y social (Pérez-Cueto, 2015).

MARCO TEÓRICO

Generalidades de hongos comestibles

Los hongos comestibles son un excelente alimento que ha formado parte de la dieta mexicana desde épocas prehispánicas (Alvarado-Castillo *et al.*, 2015). Actualmente la cadena agroalimentaria emergente de los hongos comestibles, funcionales y medicinales en México representa un proceso biotecnológico rentable, controlado, intensivo y eficiente en la utilización de agua, adaptable al cambio climático y desarrollado a pequeña y gran escala con importantes repercusiones sociales ecológicas y económicas. Los hongos son utilizados como alimento ya que tiene una consistencia carnosa, es de fácil digestión, tiene un exquisito sabor y un alto valor nutritivo que después de su cocción mantiene el contenido de proteínas y vitaminas (Estrada, 2017).

Pueden producirse a gran escala utilizando para su crecimiento residuos orgánicos. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha recomendado que se establezcan programas de producción y extensión del cultivo de hongos en los países subdesarrollados para reducir la deficiencia proteica de la dieta de sus habitantes, así como la contaminación ambiental mediante la degradación de los grandes volúmenes de residuos del sector agropecuario, que suelen generarse en dichas naciones como exportadoras de materias primas y alimentos naturales. El cultivo de hongos en México es parte del sector primario y se deriva del manejo forestal donde se aprovechan los productos maderables y no maderables (Alvarado-Castillo *et al.*, 2015).

Los hongos que crecen en sustratos lignocelulósicos tales como la madera o la paja, excretan una mezcla de enzimas hidrolíticas y oxidativas que despolimerizan los componentes del sustrato, están constituidos esencialmente por celulosa (45 a 60 por ciento), hemicelulosa (15 a 20 por ciento) y lignina (10 a 30 por ciento). Algunos hongos comestibles, como los del género *Pleurotus* spp. tienen la habilidad de colonizar el rastrojo y degradar la lignina, además de la hemicelulosa y la celulosa contenida en el sustrato (Pineda *et al.*, 2016). Estos tipos de hongos son considerados como agentes primarios de descomposición porque son capaces de utilizar los desechos agroforestales en su forma natural sin que hayan sido sujetos a algún proceso de degradación bioquímica o microbiológica (Vargas-Serna, 2015). La bioconversión de los residuos agrícolas lignocelulósicos como fuente para la producción de hongos comestibles a través de procesos de fermentación sólida, representa una posibilidad biotecnológica para la obtención de alimento humano rico en proteínas y reducir el impacto ambiental de éstos, partiendo por lo general de materia prima de bajo costo (Ruilova y Hernández, 2016).

Características generales del Champiñón *Agaricus bisporus* (J.E.Lange) Imbach

Las especies del género *Agaricus* spp. son actualmente muy apreciadas, no solo por sus propiedades nutricionales, sino también por sus cualidades organolépticas y medicinales. El hongo conocido popularmente en México como champiñón, *Agaricus bisporus* (J.E.Lange) Imbach, es la especie de mayor producción del mundo entre las especies cultivadas (Mata *et al.*, 2016). El cuerpo fructífero (pie y sombrero) es la parte de interés comercial. Su sombrero es globoso y cambia a convexo o extendido

con el pasar del tiempo, mide entre 3 y 13 cm de diámetro, cutícula blanca y pulverulenta con esporas elipsoidales a ovoides, lisas y miden entre 5 y 8 x 4 y 6 μm , basidios bispóricos y cistidios marginales (Tamayo y Tubay, 2020). El pie de *A. bisporus* es fibroso, cilíndrico y se separa del sombrero fácilmente. Presenta un anillo membranoso, ascendente y persistente en la parte media o baja del pie y no tiene volva. El margen es incurvado en la juventud y cambia a plano o elevado con la madurez. El cuerpo fructífero es blanco, firme y cambia a color rosáceo con el corte. Se caracteriza por tener sabor dulce y olor suave. El micelio es blanco, está cubierto por cristales de oxalato de calcio en forma de agujas como producto de la secreción de ácido oxálico (Zambrano, 2017).

Composición nutricional del champiñón

El champiñón aporta poca energía. Después del agua, su principal componente son los hidratos de carbono. También constituyen una buena fuente de fibra, que proporciona sensación de saciedad, aumenta el volumen fecal, mejora el tránsito intestinal y protege frente al cáncer de colon y la enfermedad cardiovascular. Además, su alto efecto saciante y su bajo contenido calórico convierte al champiñón en un alimento muy útil en dietas hipocalóricas (Aguilar y Bustamante, 2019). Los champiñones constituyen una buena fuente de aminoácidos esenciales, si lo comparamos con el resto de los vegetales, ya que, aunque en baja cantidad, contienen todos los aminoácidos esenciales. Dentro de las vitaminas, destaca su contenido en niacina (de hecho, es uno de los vegetales con mayor contenido en esta vitamina) y riboflavina y en menor proporción tiamina y vitamina C. En cuanto a su composición química se reporta un contenido de humedad del 91.4% y por lo tanto 8.6 % de materia seca, de las cuales alrededor del 19% son proteínas, 23 % fibra y 12 % minerales, cuyo análisis mostró altas cantidades de potasio, fósforo, cobre y hierro (Cerón *et al.*, 2020).

Sistemas de producción de champiñón

Los sistemas de producción en el cultivo del champiñón pueden variar según el tipo de contenedores utilizados para el sustrato (compost o composta para el caso específico de champiñón), las modalidades de distribución y utilización del espacio físico de la sala de fructificación del hongo, así como la forma de monitorear las

condiciones ambientales y de ejecutar las distintas fases del proceso de producción de carpóforos. Existen tres sistemas de producción conocidos en el mundo, el Americano, el Holandés y el Francés (Chávez, 2017).

Generalidades de la seta *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.

El género *Pleurotus* spp. comprende especies comestibles de excelente gusto y sabor que generalmente son de color blanco, amarillento o rosado, a veces grisáceo o de color oscuro. A los hongos de este género se les denomina seta, aunque éstos también son conocidos popularmente como hongos ostra, orejas blancas, orejas de palo, orejas de patancán, orejas de cazahuate y orejas de izote (Pineda *et al.*, 2016). Requieren menor tiempo de crecimiento en comparación con otros hongos comestibles, además de su fácil cultivo, tienen un alto rendimiento productivo; y un elevado valor nutricional por su alto contenido en proteínas, vitaminas, ácidos grasos insaturados y elementos esenciales como calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio, sodio, zinc, cobre, manganeso y selenio, con bajo contenido calórico y libre de colesterol (Grossi *et al.*, 2015).

Composición nutricional de la seta

El contenido de proteína de *P. ostreatus* se relaciona significativamente con el contenido de nitrógeno del sustrato donde crece este hongo. Los minerales se concentran fuertemente en los cuerpos fructíferos. Por ejemplo, el potasio 3.2 veces, el sodio 1.64, el fósforo 1.7 y el cadmio 2.75, en comparación con la concentración de estos minerales en el sustrato. Hiroi en 1982, citado por Breene en 1990, encontró poca diferencia en el contenido de lípidos totales entre cepas silvestres de *Pleurotus* spp. y las cepas de *P. ostreatus* cultivadas; ambas presentaron de tres a cinco por ciento de lípidos totales en base seca, predominando un mayor contenido en el píleo. Del total de lípidos, el 70-80 % corresponde al ácido linoleico (esto representa una relación 18:2). Los principales fosfolípidos son fosfatidilcolina y fosfatidiletanolamina. Contiene 57.6 % de carbohidratos totales, 47.5 % de carbohidratos libres de nitrógeno, 11.5 % de fibra cruda, 10.1 % de ceniza, y 345 Kcal por cada cien gramos de hongo en peso seco (Jaramillo y Albertó, 2019).

El cultivo del género *Pleurotus*

Los hongos del género *Pleurotus* spp. son saprófitos, crecen de manera natural sobre troncos, ramas o árboles muertos y algunas veces se encuentran en el suelo sobre raíces podridas (Vargas-Serna, 2015). La selección del material lignocelulósico a utilizar para el cultivo del hongo ostra debe hacerse en función al lugar geográfico en el que se pretende producir y la disponibilidad de este (Rojas-Vallejos, 2016). Deben poseer el mayor número posible de propiedades favorables tales como: buena disponibilidad en cantidad y continuidad; características fisicoquímicas conocidas; localización fácil y cercana al sitio de uso. Así mismo Guzmán *et al.*, (2008) señalan que los sustratos para el cultivo de los hongos se pueden clasificar en las siguientes seis categorías: 1) pajas (de ajonjolí, arroz, cártamo, cebada, sorgo, trigo, avena y zacate en general); 2) rastrojos (de maíz, mijo, garbanzo, frijol, etc.); 3) pulpas (de café, de limón, de cardamomo); 4) bagazos (de caña de azúcar, citronela, maguey tequilero, henequén, uva, etc.); 5) residuos forestales (como aserrín, viruta, troncos y ramas); y 6) otros (como papel, olote, tamo de maíz, hojas de piña, fibra de coco, lirio acuático, hojas y tallos de plátano, desechos de la industria textil, etc.).

Generalidades del Shiitake *Lentinula edodes* (Berk) Pegler

El cultivo de *L. edodes* (Berk) Pegler tuvo su inicio alrededor de la década de los 80's en Guatemala, Colombia y México. Este pertenece a la familia Tricholomataceae, es originario de Asia, donde Japón y China concentran la mayor producción silvestre de esta seta (Nieto *et al.*, 2012) . Posee propiedades alimenticias y medicinales importantes para el ser humano (Mirre & Mirre, 2017). Se destaca por sus características organolépticas, contiene el doble de proteínas que los vegetales. Además, presenta glicemia, vitaminas esenciales como B1, B2, B6, B12, riboflavina, niacina, hierro y minerales que son activadores del sistema inmune y reducen el colesterol (Coppiano y Merchán, 2020).

La producción de Shiitake sigue creciendo en el mundo entero, así como las diversas técnicas de cultivo; un claro ejemplo es el método desarrollado por cultivadores holandeses, quienes pasteurizar el sustrato utilizado en la producción del Shiitake en camas de cultivo de champiñón (*Agaricus* spp.). Por esta razón no existe un método ideal de cultivo, sino más bien, una gran variedad de métodos desarrollados con diferentes limitaciones en la producción (Figuroa-Díaz, 2020). En México, se han

adaptado y modificado las técnicas tradicionales para reducir el ciclo del cultivo y bajar los costos de producción al utilizar como sustratos materiales antes no considerados, tales como la viruta y el aserrín de diferentes árboles como el encino (*Quercus* sp.), pino (*Pinus* sp.), palo mulato (*Bursera* sp.) y varios residuos agrícolas como el maíz (*Zea mays*), caña de azúcar (*Saccharum* sp.) avena (*Avena sativa*) (Romero-Arenas *et al.*, 2015).

Diseño de planta de producción

El lugar en donde se establecerá el cultivo se recomienda que esté destinado exclusivamente para ese fin que incluye el cultivo, la incubación y la fructificación. Se puede subdividir un mismo espacio para los tres fines. Se recomienda que el piso en el cual se va a cultivar sea de cemento para poderlo desinfectar periódicamente, con detergente y cloro. El piso de tierra no se puede desinfectar, cuando no hay piso de cemento se debe de “sembrar” en una mesa o en una tarima, de lo contrario se contaminarán los “pasteles” con hongos dañinos. Por último, pero no menos importante, es necesario que el espacio destinado para el cultivo no tenga rendijas u orificios que provoquen corrientes de aire fuertes, pero si es recomendable tener ventilación y se pueda cerrar y abrir para poder controlar temperatura, humedad y cantidad de luz (Montaño-Rodríguez *et al.*, 2019).

Flores y Contreras, (2012) mencionan que la elección del diseño y materiales para la construcción de una planta productora de hongos depende de factores, como la especie a cultivar, la ubicación del terreno y los servicios con que cuente, el clima del sitio elegido, la disposición de insumos, las vías de acceso y la facilidad de comercialización del producto final. Proponen que la planta productora de hongos deberá de contar, en el mejor de los casos, con las siguientes áreas: 1) zona de tratamiento de los sustratos, 2) zona de pasteurización, 3) laboratorio de producción de inóculo, 4) área de incubación del inóculo, 5) zona de siembra del sustrato, 6) área de incubación de las bolsas y 7) área de producción.

Para realizar la siembra se recomienda acondicionar un lugar delimitado, fácil de limpiar, tener una temperatura adecuada a la especie, esté aislado y sin corrientes de aire. La siembra se puede realizar manualmente, en condiciones de asepsia rigurosa, sobre una mesa adaptada para el caso o con un mezclador mecánico si se cuenta

con el equipo. La semilla se agrega y distribuye de la manera más homogénea posible dentro del sustrato y, ya mezclados, ambos se colocan dentro de la bolsa o recipiente utilizado para tal fin. Al realizar esto se debe tener especial cuidado en que el sustrato, después de pasteurizado, se encuentre a temperatura ambiente y los granos de semilla queden colocados lo más equidistantes, para que el micelio de cada grano colonice la mínima distancia posible (Chung-Guin, 2016).

Aspectos técnicos del invernadero

Gassó y Solomando (2011) mencionan que la elección de un tipo de invernadero, es decir su estructura, está en función de una serie de factores o aspectos técnicos como los son: 1) tipo de suelo. Se deben elegir suelos con buen drenaje y de alta calidad, aunque con los sistemas modernos de fertirriego es posible utilizar suelos pobres con buen drenaje o sustratos artificiales. 2) topografía. Son preferibles lugares con pequeña pendiente orientados de norte a sur. 3) vientos. Se tomarán en cuenta la dirección, intensidad y velocidad de los vientos dominantes. 4) exigencias bioclimáticas de la especie en cultivo. 5) características climáticas de la zona o del área geográfica donde vaya a construirse el invernadero. 6) disponibilidad de mano de obra (factor humano). 7) imperativos económicos locales (mercado y comercialización).

Tipos de invernadero

Los invernaderos se pueden clasificar de distintas formas, según se atiende a determinadas características de sus elementos constructivos (por su perfil externo, según su fijación o movilidad, por el material de cubierta, según el material de la estructura). Con la finalidad de escoger una buena estructura se basa la clasificación según la conformación estructural o perfil externo. A continuación, se describen cada uno de ellos (Rodríguez, 2018):

Invernadero plano o parral: Este tipo de invernadero se utiliza en zonas poco lluviosas, aunque no es aconsejable su construcción. La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una estructura vertical y otra horizontal:

- a) La estructura vertical está constituida por soportes rígidos que se pueden diferenciar según sean perimetrales (soportes situados en las bandas o perímetro y los esquineros) o interiores (pies derechos). Los pies derechos intermedios suelen estar separados unos 2m en sentido longitudinal y 4m en dirección transversal, aunque también se presentan separaciones de 2x2m y 3x4m. Tanto los apoyos exteriores como interiores pueden ser rollizos de pino o eucalipto y tubos de acero galvanizado.
- b) La estructura horizontal está constituida por dos mallas de alambre galvanizado superpuestas, implantadas manualmente de forma simultánea a la construcción del invernadero y que sirven para portar y sujetar la lámina de plástico. Los invernaderos planos tienen una altura de cubierta que varía entre 2.15 y 3.5 m y la altura de las bandas oscila entre 2 y 2.7 m. Los soportes del invernadero se apoyan en bloques tronco-piramidales prefabricados de hormigón colocados sobre pequeños pozos de cimentación.

Las principales ventajas de los invernaderos planos son:

- Su economía de construcción.
- Su gran adaptabilidad a la geometría del terreno.
- Mayor resistencia al viento.
- Aprovecha el agua de lluvia en periodos secos.
- Presenta una gran uniformidad luminosa.

Las desventajas que presenta son:

- Poco volumen de aire.
- Mala ventilación.
- La instalación de ventanas cenitales es bastante difícil.
- Demasiada especialización en su construcción y conservación.
- Rápido envejecimiento de la instalación.
- Poco o nada aconsejable en los lugares lluviosos.
- Peligro de hundimiento por las bolsas de agua de lluvia.
- Peligro de destrucción del plástico por su vulnerabilidad al viento.
- Difícil mecanización y dificultad en las labores de cultivo.

Invernadero en raspa y amagado: Su estructura es muy similar al tipo plano, pero varía la forma de la cubierta. Se aumenta la altura máxima del invernadero en la cumbrera o parte central, que oscila entre 3 y 4.2 m, formando lo que se conoce como raspa. En la parte más baja, conocida como amagado, se unen las mallas de la cubierta al suelo mediante vientos y horquillas de hierro que permite colocar los canalones para el desagüe de las aguas pluviales. La altura del amagado oscila de 2 a 2.8 m, la de las bandas entre 2 y 2.5 m. La separación entre apoyos y los vientos del amagado es de 2 x 4 y el ángulo de la cubierta oscila entre 6 y 20°, siendo este último el valor óptimo. La orientación recomendada es en dirección este-oeste.

Ventajas de los invernaderos tipo raspa y amagado:

- Su economía.
- Tiene mayor volumen unitario y por tanto una mayor inercia térmica que aumenta la temperatura nocturna con respecto a los invernaderos planos.
- Presenta buena estanqueidad o aislamiento a la lluvia y al aire, lo que disminuye la humedad interior en periodos de lluvia.
- Presenta una mayor superficie libre de obstáculos.
- Permite la instalación de ventilación cenital situada a sotavento.

Inconvenientes:

- Diferencias de luminosidad entre la vertiente sur y la norte del invernadero.
- No aprovecha las aguas pluviales.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Al tener mayor superficie desarrollada se aumentan las pérdidas de calor a través de la cubierta.

Invernadero asimétrico: Difiere de los tipos raspa y amagado en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar. Para ello el invernadero se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del sol. La inclinación de la cubierta debe ser aquella que permita que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la cubierta al mediodía solar durante el solsticio de invierno, época en la que el sol alcanza su punto más bajo. Este ángulo deberá ser próximo a 60° pero ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos. Por ello se

han tomado ángulos comprendidos entre los 7 y 9° en la cara sur y entre los 15 y 23° en la cara norte.

Ventajas de los invernaderos asimétricos:

- Buen aprovechamiento de la luz en la época invernal.
- Su economía.
- Elevada inercia térmica debido a su gran volumen unitario.
- Es estanco a la lluvia y al aire.
- Buena ventilación debido a su elevada altura.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento.

Inconvenientes de los invernaderos asimétricos:

- No aprovecha el agua de lluvia.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Tiene más pérdidas de calor a través de la cubierta debido a su mayor superficie desarrollada en comparación con el tipo plano.

Invernaderos de capilla: Los invernaderos de capilla simple tienen la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a 25° no ofrecen inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia. La ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación.

Este tipo de invernadero se utiliza bastante, destacando las siguientes ventajas:

- Es de fácil construcción y de fácil conservación.
- Es muy aceptable para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta.
- La ventilación vertical en paredes es muy fácil y se puede hacer de grandes superficies, con mecanización sencilla.
- Tiene grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia. Permite la unión de varias naves en batería.

El ancho que suele darse a estos invernaderos es de 12 a 16 metros. La altura en cumbre está comprendida entre 3.25 y 4 metros. Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a 25° no ofrecen inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia. La ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de

estructuras formadas por varias naves unidas la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación.

Invernaderos de doble capilla: Los invernaderos de doble capilla están formados por dos naves yuxtapuestas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital que tienen en cumbrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las dos naves; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y suele ponerse en ellas malla mosquitera. Además, también poseen ventilación vertical en las paredes frontales y laterales. Este tipo de invernadero no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y cara que el tipo de invernadero capilla simple a dos aguas.

Invernadero túnel o semicilíndrico: Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas.

Ventajas de los invernaderos tipo túnel:

- Estructuras con pocos obstáculos en su estructura.
- Buena ventilación.
- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento y facilita su accionamiento mecanizado.
- Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
- Fácil instalación.

Inconvenientes:

- El costo suele ser muy elevado.
- No aprovecha el agua de lluvia.

Factores para considerar en la construcción de invernaderos

Una vez decidido el tipo de invernadero a construir y la ubicación de este, se deben tener en cuenta una serie de factores que se detallan a continuación (Miserendino y Astorquizaga, 2014):

- Ancho del polietileno. la disponibilidad en los proveedores zonales será la que determine en cierta manera el diseño de la estructura. Dado que no se consiguen todas las medidas si no se tiene en cuenta a la hora del diseño luego habrá que adaptar el material y no sólo puede ser difícil, sino que se suele desperdiciar polietileno.
- Volumen de aire. La relación volumen de aire/volumen de suelo cubierto es de tres a uno. Para que exista un manejo adecuado del ambiente se requiere un volumen de aire de 3 m³ por m² de suelo a fin de que los cambios térmicos sean graduales y no bruscos.
- Ventilación. La superficie de ventilación debe ser de un 20 % de la superficie cubierta. Deben considerarse ventanas que desalojen rápidamente el calor a fin de evitar estrés térmico. De ser posible lo ideal es que se puedan abrir gradualmente para no provocar cambios exagerados en el ambiente.
- Ventanas laterales. Es recomendable armar ventanas en los laterales del invernadero en todo su largo, considerando que se solape con el punto central el cual definirá una altura. Esta altura debe ser superior en 30 cm a la altura de las plantas o cultivos en su estado más sensible. Además, esto definirá el ancho de la ventana.
- Pendiente del techo. El ángulo del arco del techo debe estar entre 25° y 30°. Esta inclinación permitirá una máxima exposición a la radiación, y por otro lado el desalojo de una posible acumulación de nieve si es el caso.

Orientación del invernadero

Una parte fundamental del cultivo en invernadero es la orientación de este, ya que la radiación solar es fundamental para algunos cultivos. Para el caso del *Pleurotus* spp. no es un punto fundamental ya que ellos requieren muy poca cantidad de radiación solar, debido a que no generan la fotosíntesis a excepción de los hongos de color como es el hongo seta rosa y azul los cuales aprovechan del espectro el color azul para obtener su coloración (Moreno-Rivera, 2017).

Norma Mexicana para el Diseño y Construcción de Invernaderos.

La Norma Mexicana NMX-E-255-CNCP-2008 especifica el proceso a seguir para el diseño de invernaderos, así como los principios generales, requisitos de resistencia mecánica, estabilidad, estado de servicio y durabilidad para el proyecto y la construcción de estructuras de invernaderos comerciales con cubiertas de películas plásticas, incluyendo las cimentaciones, para la producción de plantas y cultivos.

Materiales empleados en las estructuras.

Los materiales de las estructuras deben ser económicos, ligeros, resistentes y esbeltos; deben formar estructuras poco voluminosas, a fin de evitar sombras sobre las plantas, de fácil construcción, mantenimiento y conservación, modificables y adaptables al crecimiento y expansión futura de estructuras, sobre todo cuando se planean ensamblar en batería.

- Anclas para cimentación, columnas, arcos, flechas, largueros y refuerzos de perfil tubular cuadrado o redondo de acero galvanizado a base de una capa G-90 por ambas caras. Metalizado a base de zinc en la costura de la soldadura en las diferentes secciones.
- Canalones y perfil sujetador. Lámina de acero galvanizado a base de una capa G-90 por ambas caras, varios calibres.
- Cable. De acero galvanizado capa G-90, varias medidas.
- Alambres. De acero bajo carbón galvanizado G-90 varios calibres.
- Resorte sujetador. De acero alto carbón galvanizado.
- Tornillería. Galvanizada alta resistencia G-5 varias medidas.
- Cubiertas. Polietileno Cal. 720 tratado contra rayos ultravioleta UV II, diferentes porcentajes de sombra y color.

Cabe mencionar que se debe utilizar concreto con resistencia $f_c=150 \text{ kg/cm}^2$ para la fabricación de las bases donde se ahogarán las anclas y columnas para cimentarlas (Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos, 2010).

Propiedades de los plásticos de invernadero

Las propiedades más importantes de las cubiertas plásticas de invernadero son las radiométricas, las mecánicas, la duración y su comportamiento ante la condensación

de vapor de agua en la lámina. Las propiedades radiométricas más importantes de las láminas plásticas son su transmisibilidad a la radiación solar, en sus diversas bandas (UV, PAR y NIR) y la radiación larga IR (radiación terrestre). Asimismo, son relevantes sus características de reflectividad y absorptividad (Moreno-Rivera, 2017).

La resistencia a la tracción es importante ya que, al montar un invernadero, la cubierta plástica se fija a un canal de metal, sujetado con alambre tipo zigzag, para posteriormente tensar la cubierta lo más posible para evitar bolsas y fijarla en la parte contraria, debe resistir la tensión que genera esta operación. La resistencia al rasgado, debido a que la película puede estar en contacto superficial con diferentes materiales debe garantizar que no se rasgue de manera fácil ya que ello implicaría tener que reemplazar la cubierta o generaría algún tipo de goteo en el interior del invernadero una vez instalada. Por último, la resistencia al impacto, ya que el invernadero se encuentra expuesto a condiciones climáticas adversas como viento, lluvia, granizo, entre otras, por lo que la cubierta debe ser lo suficientemente resistente para soportar impactos bajos (Moreno-Rivera, 2017).

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar un invernadero para la producción de hongos comestibles, así como obtener información sobre su manejo productivo.

Objetivos específicos

- Elegir el tipo de invernadero a instalar con base en los requerimientos técnicos del cultivo.
- Recopilar información sobre la producción de hongos bajo condiciones de invernadero

MATERIALES Y MÉTODOS

El invernadero se elegirá con base en los requerimientos técnicos que responda a las condiciones de un espacio ubicado en la colonia Miguel Hidalgo 4ta sección de Tlalpan, Ciudad de México. Este se encuentra a una altitud 2619 msnm, Lat. 19.272100, Long. -99.207658. De acuerdo con datos del INEGI (2020) la temperatura

media anual de la CDMX oscila en los 16°C con una precipitación anual promedio de 300 mm en los últimos cinco años. La superficie para considerar en este proyecto será de 35 m², dividida en las siguientes secciones: a) zona de tratamiento de los sustratos, b) zona de pasteurización, c) zona de siembra del sustrato, d) área de incubación de las bolsas y e) área de producción (Figura 1).

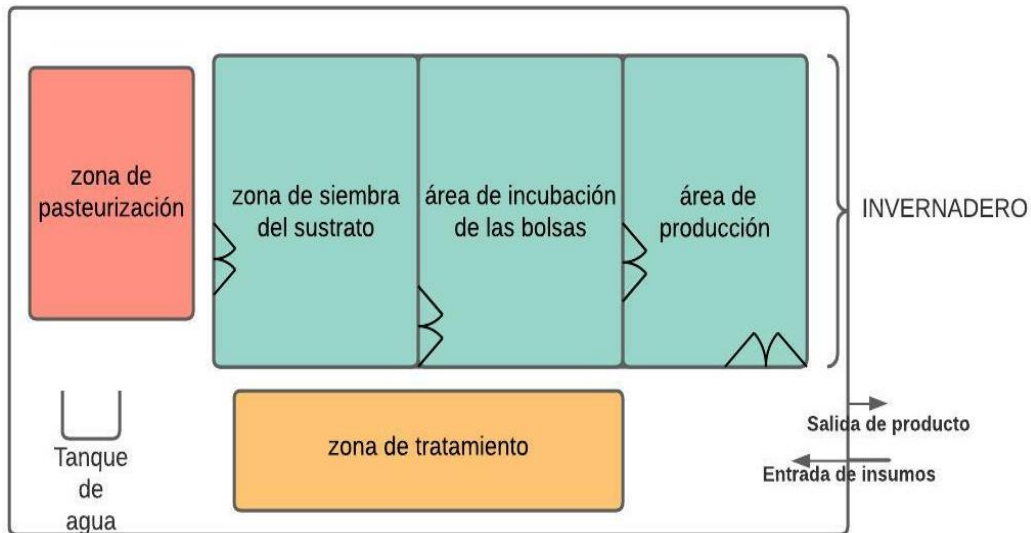


Figura 1. Propuesta de distribución de planta productora.

Localización

El invernadero quedará localizado en la colonia Miguel Hidalgo 3ra sección, Tlalpan. Su ubicación facilita el acceso directo a la vialidad Picacho-Ajusco por lo que se garantiza efectividad en el suministro de insumos y salida del producto en fresco.



Figura 2. Vista satelital y localización del invernadero. Fuente: Google vista satelital.

Elección del invernadero

Después de valorar todas las alternativas dependiendo del tipo de estructura, se decidió escoger el tipo “túnel o semicilíndrico”. La ventaja que reporta este invernadero es que es resistente a diferentes tipos de clima y principalmente a fuertes vientos, ya que la instalación se realizará sobre una vivienda y los vientos suelen ser fuertes en la zona. En cuanto a la orientación (de acuerdo con el espacio destinado) será de este a oeste contrario a lo que la literatura recomienda, ya que la vivienda se encuentra ubicada de esa manera y es lo que mejor se adapta al espacio. El invernadero contará con toma de energía eléctrica y toma de agua, ya que son servicios necesarios para labores de limpieza, ventilación, siembra, etc.



Figura 3. Invernadero tipo túnel convencional. Fuente: (Sierra y Medellín, 2019).

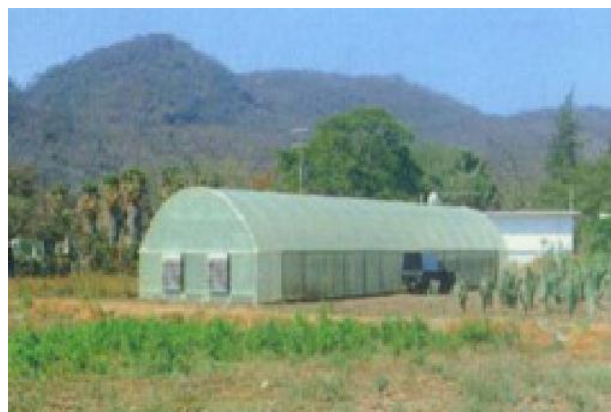


Figura 4. Invernadero tipo túnel. Fuente: (Sierra y Medellín, 2019).

Descripción de la estructura

La estructura con la que se construirá el invernadero consta de dos materiales: acero y hormigón para los cimientos, así como también policarbonato para la cubierta

exterior. La estructura estará constituida por un sistema de 6 columnas o pilares de acero PTR de 1.5" los cuales llevarán cimientos de concreto para después acordonar con hormigón en el área perimetral de la nave.

Las medidas de la nave serán las siguientes:

- Longitud: 6.5 metros
- Ancho: 3.5 metros
- Altura máxima: 3.5 metros
- Altura de pilares laterales: 2.0 metros (Figura 5).

Además, se contará con un filtro de sanitización de 1 x 1.5 m el cual tendrá una altura de 2 m, contará con doble puerta y será la vía principal de acceso. Con estas medidas se cumplirá con lo estipulado en la NMX-E-255-CNCP-2008 para el diseño y construcción de invernaderos.

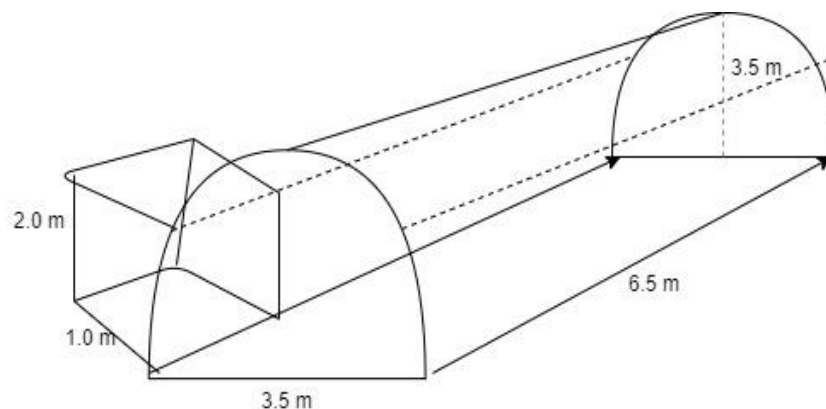


Figura 5. Proyección a escala del invernadero. Fuente: Elaboración propia

Suministro de materiales

El suministro de materiales e instalación del invernadero para el cultivo de hongos estará a cargo de la empresa "Hidrobombeo y Sistemas Agrícolas" ubicada en Av. Chapultepec No. 35 San Gregorio Atlapulco, del. Xochimilco, C.P. 16600, a cargo del ingeniero y asesor de ventas Jorge Sánchez Armendáriz, mismo que se encargó de realizar la cotización de los materiales. De acuerdo con el desglose de gastos, para construir el invernadero se toma en cuenta la instalación de éste, mientras que los posibles gastos por adecuación del lugar y posibles materiales a usar no se consideran aún. Es importante señalar que la empresa ofrece garantía de seis meses por defecto en la instalación y un año en estructura. Los pagos se realizan 70% a la

firma del contrato, 20% en la entrega de materiales y 10% en la contra entrega de la obra (Figura 6).

SR(A). ISRAEL RUBALCAVA ALEJO.

POR ESTE CONDUCTO SOMETO A SU AMABLE CONSIDERACIÓN EL PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO TIPO TÚNEL. EL DISEÑO CONSTA DE UN TUNEL DE 3 METROS DE ANCHO Y 6 METROS DE LARGO, DANDO UN TOTAL DE 18 METROS CUADRADOS. LA ALTURA A LA BASE DEL ARCO ES DE 4 METROS. LA ESTRUCTURA TIENE UNA RESISTENCIA AL VIENTO DE 100 KM/H.

**SUMINISTRO E INSTALACION DE MATERIALES
(INVERNADERO)**

1. POSTES DE PTR DE 1 ¼" X 1 ¼" CAL. 14 GALVANIZADO, ANCLADOS CON PLACA DE ACERO DE 15X15 CMS. A CADA 3.00 METROS
2. ARCOS DE PTR DE 1 ¼" X 1 ¼" CAL. 14 GALVANIZADO.
3. CABLE DE ACERO DE 1/8"
4. NUDOS PARA CABLE DE ACERO DE 1/8
5. RETENIDAS DE CABLE ACERO DE 1/8 GALVANIZADO PARA DARLE MAYOR RESISTENCIA A LA ESTRUCTURA.
6. PERFIL SUJETADOR POLIGRAP PARA FIJAR EL PLASTICO Y MALLA ANTIAFIDOS
7. POLIETILENO CALIBRE 720 TRATADO NEGRO CERO LUZ TRATADO CONTRA RAYOS UV Y ADITIVOS, DURACION 2 AÑOS
8. MALLA ANTIAFIDOS DE 40 X 26 HILOS PARA LATERALES Y FRONTALES Y 25 X 25
9. CORTINAS ENROLLABLES MANUALES CON MALACATE DE 600 LIBRAS
10. ALAMBRE ZIGZAG PARA LA COLOCACION DE PLASTICO Y MALLA
11. TORNILLOS GALVANIZADOS DE 3/8 DE DIFERENTE LONG. CON TUERCA DE SEGURIDAD
12. TORNILLO PUNTA DE BROCA DE ½ AUTOTALADRANTE
13. TORNILLO PUNTA DE BROCA DE 1" AUTOTALADRANTE
14. PUERTA EXCLUSA DE 1.5 M2 FABRICADA CON PTR DE 1"

**IMPORTE: \$34,400.00
(TREINTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS PESOS 00/100 M. N.)**

Figura 6. Desglose de gastos en materiales e importe total. Fuente: Hidrobombeo y Sistemas Agrícolas.

OBJETIVOS Y METAS ALCANZADAS

- Se eligió el tipo de invernadero instalado con base en los requerimientos técnicos del cultivo.
- Se recopiló información sobre la producción de hongos bajo condiciones de invernadero.

De manera extra, se realizaron los siguientes logros:

- Realizar un documento descriptivo de las necesidades técnicas de las especies de hongos a establecer.

- Elaborar un documento descriptivo y con ilustraciones del tipo de invernadero elegido para cultivar las especies de hongos previamente elegidas.
- Indagar, con ayuda de la revisión bibliográfica, sobre el mejor funcionamiento del invernadero haciendo las adecuaciones necesarias para el cultivo de hongos comestibles.
- Realizar una descripción general sobre los costos en los que se incurrió para concretar la instalación de la planta productora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó la contabilidad final de gastos para la instalación de la planta productora; considerando un presupuesto de \$42,500 pesos mexicanos para su realización, ya que es lo que se le proporciona a cada proyecto comunitario de jóvenes emprendedores de la Alcaldía de Tlalpan. Es importante señalar que es necesario adquirir instrumentos y diversos materiales para adecuar las instalaciones y así garantizar su buen funcionamiento en la etapa de producción. En dicho presupuesto (Tabla 1) se considera el costo total del invernadero, los materiales y los instrumentos adquiridos.

Concepto	Precio
Invernadero	\$34,400
Instalación de Luz	\$1,500
Toma de agua y contenedor	\$1,000
Pintura y selladores	\$1,300
Humidificador	\$1,800
Higrómetro	\$600
Sistema de riego	\$1,200
Luxómetro	\$550
Total	\$42,350

Tabla 1. Inventario final de activos fijos

Diversos autores y productores recomiendan que en el cultivo de hongo seta el riego se realice a medio día, sobre todo en los días soleados, a las 12 horas aproximadamente al igual que el riego por la noche, ya que se ha observado que los hongos crecen más por la noche. El rango de temperatura óptimo es de 18 a 28 °C; para verificar este rango de temperatura, es necesario un termómetro en el interior del espacio en el cual se desarrollará el cultivo (Figura 7).

Si la lectura es arriba de 28°C hay que disminuirla, para lo cual, se riega agua en el piso y se abren las ventilas y la puerta hasta regular la temperatura. Si la temperatura está por debajo de 18°C se cierran las ventilas para que no escape el calor y se mantiene así durante el tiempo que sea necesario para tratar de regular la temperatura y favorecer el buen desarrollo y crecimiento de los hongos.



Figura 7. Monitoreo de humedad y temperatura

Fuente: Invernaderos Greenhouse (s/f).

De acuerdo con el Manual de Producción de hongo seta Indesol (s/f), el rango de humedad relativa óptima es de entre 60 – 90 %. Si la lectura ésta arriba de 90% en el interior del espacio de cultivo, éste se debe ventilar para que se mezclen el aire del interior y exterior y así se regule la humedad relativa por debajo de 90 %; por el contrario, si la humedad relativa se encuentra por debajo del 60 % en el interior del espacio de cultivo, se cierra el espacio y se riega agua al piso para aumentar el porcentaje de humedad relativa.

Para cultivar hongos comestibles se requiere de un ambiente en penumbra, es decir una intensidad de 100 luxes para que el hongo sea de primera calidad, a esta intensidad el hongo crece bastante tierno y con una coloración muy aceptada, hasta una talla de 12 a 15 cm. Para tener una idea de lo que son los luxes, a plena luz del día se tienen 2000 luxes. Los luxes se miden con un luxómetro (Figura 8). Se puede lograr un estado de penumbra colocando polietileno en interiores o pegando cartón negro en puertas y ventilas. De no tomarse en cuenta este parámetro, las

fructificaciones van a crecer “correosas” y descoloridas cuando los hongos alcancen su máxima talla de 12 a 15 cm, disminuyendo su valor comercial.



Figura 8. Funcionamiento de luxómetro y medidor de CO₂.
Fuente: Semillero Hongos Comestibles y Medicinales (s/f).

CONCLUSIONES

La ciudad de México es un lugar viable para la utilización de este tipo de invernaderos, ya que sus dimensiones son compactas en comparación con los estándares, permite que puedan ser implementados en las terrazas de los edificios y en espacios pequeños con la ventaja de soportar fuertes vientos.

El cultivo de hongos comestibles es posible al hacer adecuaciones en la cubierta del invernadero, optando por incorporar polietileno obscuro en una sección mientras que en la otra es necesario usar malla sobra para obtener la luminosidad que demanda el cultivo; por otro lado, se considera necesario el reciclamiento de aire para obtener un mejor monitoreo de la temperatura y humedad relativa.

RECOMENDACIONES

De acuerdo con la información presentada en el proyecto, se enlistan recomendaciones que es necesario tomar en cuenta al construir un invernadero de producción de hongos.

- El espacio destinado debe ser única y exclusivamente para el invernadero.
- Poner énfasis en aislar el interior del invernadero con el exterior para evitar fuentes de contaminación.
- Realizar varias cotizaciones con diferentes proveedores de materiales, para tener una mejor opción que se ajuste al presupuesto existente.
- Inspeccionar que la construcción se realice correctamente y se cumpla con lo estipulado en el contrato técnico.
- Dar seguimiento a las variables climáticas, ya que puede retrasar el proceso de instalación.
- No destinar todo el presupuesto a la compra e instalación de materiales, ya que en el proceso suelen surgir gastos extras que no se habían contabilizado

REFERENCIAS

Aguilar Huilca, A. I., y Bustamante Flores, P. G. (2019). Determinación de la proteína y grasa de tres tipos de hongos comestibles: Champiñón (*Agaricus bisporus*), Pleurotus (*Pleurotus ostreatus*) y Shiitake (*Lentinula edodes* Berk). *SUNEDU* [en línea]

https://www.researchgate.net/publication/328093983_Pleurotus_djamor_un_hongo_con_potencial_aplicacion_biotecnologica_para_el_neotropico Fecha de consulta: 08/09/21

Alvarado-Castillo, G., Mata, G., & Benítez-Badillo, G. (2015). Importancia de la domesticación en la conservación de los hongos silvestres comestibles en México. *Bosque (Valdivia)*, 36(2), 151-161. [en línea] <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000200001> Fecha de consulta: 17/08/21

Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos (AMCI) 2010. Norma Mexicana para el Diseño y Construcción de Invernaderos. México, 2010. Disponible en línea: <http://www.amci.org.mx/Descargar/Norma.pdf> Fecha de consulta: 14/11/21

Breene, W. M. (1990). "Nutritional and medicinal, value of specialty mushrooms". University of Minesota, Sf. Paul, M. *Journal of Food Protection*. (USA), Vol.53 (10):883-894. [en línea]

<https://meridian.allenpress.com/jfp/article/53/10/883/165442/Nutritional-and-Medicinal-Value-of-Specialty> Fecha de consulta: 25/09/21

Cerón, M., López, E. M. S., Ortega, I. S., Vargas, E. R., Ávila, J. A. R., & Ortega, I. S. I. (2020). Hongos comestibles: Una alternativa saludable en productos cárnicos. *Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 7(14), 47-51. [en línea] <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/download/4973/6820> Fecha de consulta: 21/07/21

Chávez Vergara, C. (2017). Comparativo de tres sustratos orgánicos en la producción de champiñones (*Agaricus bisporus*) en la comunidad de Ilañucancha, Abancay–Apurímac. Universidad Tecnológica de Los Andes. Perú. 52.67.78-165. [en línea] <https://52.67.78.165/bitstream/utea/83/1/TesisComparativo%20de%20tres%20org%C3%A1nicos%20en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20champi%C3%B1ones.pdf> Fecha de consulta: 26/09/21

Chung-Guin, P. (2016). Desarrollo de banco de hongos comestibles. *Instituto Forestal Chile*. 22(3), 7–42. [en línea] <https://revista.infor.cl/index.php/infor/article/download/458/472> Fecha de consulta: 19/08/21

Coppiano González, J. E., & Merchán Villamar, G. G. (2020). Estudio sobre las propiedades tradicionales y farmacológicas del hongo shiitake (*Lentinula edodes*) cultivado en diferentes mezclas de sustratos agrícolas. Universidad de Guayaquil.

Colombia. Recuperado a partir de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50979>
Fecha de consulta: 06/07/21

Estrada, M. C. (2017). Setas y champiñones. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/319620610_SETAS_Y_CHAMPINONES
Fecha de consulta: 14/07/21

Figuroa Díaz, F. G. (2020). Elaboración de una unidad de cultivo casero del hongo Shiitake *Lentinula edodes* (Berk) utilizando residuos orgánicos. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería en Alimentos. Tungurahua, Ecuador. [en línea] <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31576> Fecha de consulta: 24/08/21

Flores, A. & Contreras, M. (2012). Manual de cultivo de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) de forma artesanal. UNAM, Facultad de filosofía y letras. Magdalena Contreras, D.F. pp. 5-25. [en línea] https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjDt8vc3-n0AhVAJkQIHcxJApoQFnoECAIQAQ&url=http%3A%2F%2Fhuertofenologico.filos.unam.mx%2Ffiles%2F2017%2F05%2FCultivo_de_hongo_seta.pdf&usg=AOvVaw2W9fNjylZerTLOreEWzxZB Fecha de consulta: 10/08/21

Gassó, F., & Solomando, S. (2011) Estructura e instalaciones de un invernadero. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona. pp. 85 [en línea] <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/11369> Fecha de consulta: 3/10/21

Grossi, G. V., Ohaco Domínguez, E. H. & Michelis, A. (2015). Determinación de fibra dietética total, soluble e insoluble en hongos comestibles de cultivo *Pleurotus ostreatus*. Instituto de tecnología agropecuaria, 4. Neuquén, Argentina. [en línea] https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_determinacin_de_fibra.pdf Fecha de consulta: 16/08/21

Guzmán G., Mata G., Salmenes D., Soto-Velazco C. y Guzmán-Dávalos L. (2008). El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. Instituto Politécnico Nacional. D.F., México. pp. 245. [en línea] <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/viewFile/RICA.2016.32.05.10/46678> Fecha de consulta: 10/08/21

Hiroi, M. (1982). Fatty acid composition of mushrooms lipids. Part 5. Comparison of lipid components of wild and cultivated mushrooms (*P. ostreatus*). J. Kumayana Womans Univ. 18:1-8. [en línea] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814605006886> Fecha de consulta: 11/10/21

INEGI. 2020. Base de datos climáticos de la ciudad de México. INEGI. 2020. [en línea] <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/> Fecha de consulta: 24/08/21

Invernaderos Greenhouse. (s/f). Disponible en: <http://los-invernaderos.blogspot.com/2010/09/requerimientos-basicos-para-el-cultivo.html>
Fecha de consulta: 15/11/21

Jaramillo Mejía, Santiago, & Albertó, Edgardo. (2019). Incremento de la productividad de *Pleurotus ostreatus* mediante el uso de inóculo como suplemento. *Scientia fungorum*, 49, e1243. [en línea] <https://doi.org/10.33885/sf.2019.49.1243>. Fecha de consulta: 02/09/21

Manual de Producción de Hongo seta. Indesol. s/f. Disponible en: <http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Cultivo%20de%20Hongos/Manual%20de%20Producci%C3%B3n%20de%20Hongo%20Seta.pdf> Fecha de consulta: 26/08/21

Mata, G., Medel, R., Callac, P., Billette, C. & Garibay-Orijel, R. (2016). Primer registro de *Agaricus bisporus* (Basidiomycota, Agaricaceae) silvestre en Tlaxcala y Veracruz, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(1), 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.01.019> Fecha de consulta: 02/08/21

Mirre, J. C., & Mirre, P. M. (2017). El milagroso poder curativo de los hongos. Ediciones I. Madrid, España. [en línea] [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=FRtLDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT219&dq=Mirre,+J.+C.,+%26+Mirre,+P.+M.+\(2017\).&ots=I7zEvKcXLa&sig=RP54GQ1f3UY8vwRtblhtY5_gpU#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=FRtLDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT219&dq=Mirre,+J.+C.,+%26+Mirre,+P.+M.+(2017).&ots=I7zEvKcXLa&sig=RP54GQ1f3UY8vwRtblhtY5_gpU#v=onepage&q&f=false) Fecha de consulta: 31/07/21

Miserendino, E., & Astorquizaga, R. (2014). Invernaderos: aspectos básicos sobre estructura, construcción y condiciones ambientales. INTA. Agricultura 23. Pp. 97-100. [en línea] https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjq5IKR8On0AhXpRTABHWrtDHEQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Finta.gob.ar%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fscript-tmp-inta_agricultura23_invernadero.pdf&usg=AOvVaw1ZeMX34SxwtMY23Wj7Ex_G
Fecha de consulta: 03/11/21

Montaño-Rodríguez, S., Villagrán-Munar, E. A., Osorio-Fiaga, D. F., Bojacá-Aldana, C. R., & Velásquez-Vargas, W. L. (2019). Simulación numérica del comportamiento térmico de un macro túnel utilizado para la producción de hongos comestibles bajo condiciones de clima tropical. *Tecnología en Marcha*, Vol. 32. DOI: [en línea] <https://doi.org/10.18845/tm.v32i7.4263> Fecha de consulta: 22/09/21

Nieto, R. J.; Rocío, R. L. Suárez, A. C. (2012). Evaluación del estípite de Shiitake como aportante de fibra y bioactivos con miras a su empleo en alimentos funcionales. *Vitae*. 19(1): S331-S333. [en línea] <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914103> Fecha de consulta: 27/08/21

Norma Mexicana para el Diseño y Construcción de Invernaderos. NMX-E-255-CNCP- (2008). [en línea] https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5052108&fecha=08/07/2008 Fecha de consulta: 14/11/21

Pérez-Cueto, F. J. (2015). ¿Dieta sostenible y saludable?: Retrospectiva e implicancias para la nutrición pública. *Revista chilena de nutrición*, 42(3), 301-305. [en línea] https://curis.ku.dk/portal/files/153043583/Perez_Cueto_2015_Dieta_sostenible_y_saludable.pdf Fecha de consulta: 15/07/21.

Pineda, J. A., Duarte, A. S., & Ponce, C. A. (2016). Guía para la producción de Champiñón Ostra. *Bionegocios* (1era ed.). Ibarra: CEBA. 21 p. Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente. Ecuador. [en línea] https://www.researchgate.net/profile/Astrid-Duarte-Trujillo/publication/307858229_Champinon_ostra_guia_de_produccion_artesanal_Pleurotus_ostreatus_guide_for_homemade_production/links/57cf24e208ae83b37462351e/Champinon-ostra-guia-de-produccion-artesanal-Pleurotus-ostreatus-guide-for-homemade-production.pdf Fecha de consulta: 22/08/21

Piña-Guzmán, A. B., Nieto-Monteros, D. A., & Robles-Martínez, F. (2017). Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32, 141-151. [en línea] <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2016.32.05.10> Fecha de consulta: 24/08/21

Rodríguez, N. R. (2018). Mantenimiento y manejo de invernaderos. *AGAH0108*. IC Editorial. [en línea] <https://www.perlego.com/book/2170702/mantenimiento-y-manejo-de-invernaderos-agah0108-pdf> pp.75-150 Fecha de consulta: 18/11/21

Rojas Vallejos, J. J. (2016). Producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. pg. 45 [en línea] <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/873> Fecha de consulta: 03/08/21

Romero-Arenas, O., Martínez Guerrero, M. A., Damián Huato, M. A., Ramírez Valverde, B., & López-Olguín, J. F. (2015). Producción del hongo Shiitake *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler en bloques sintéticos utilizando residuos agroforestales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(6), 1229-1238. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200709342015000600007&lng=es&tlng=es. Fecha de consulta: 03/09/21

Ruilova, M., & Hernández, A. (2016). Diseño de sustratos de diferente composición fisicoquímica utilizando el programa de mezclas de residuos agrícolas para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. *Revista de Investigación Talentos*, 3(2), 30-35. [en línea] <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/60> Fecha de consulta: 25/08/21

Salmones, D. (2017). *Pleurotus djamor*, un hongo con potencial aplicación biotecnológica para el neotrópico. *Revista mexicana de micología*, 46, 73-85. [en línea] http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-31802017000200073&script=sci_abstract&tlng=pt Fecha de consulta: 22/08/21

Semillero Hongos Comestibles y Medicinales. (s/f). Universidad de Colombia.
Disponible en: <https://www.uao.edu.co/semillero-hongos-comestibles-y-medicinales/>
Fecha de consulta: 15/11/21

Sierra Nuñez, T. A., & Medellín Díaz, J. G. (2019). Tipificación y análisis de precios para invernaderos en la Provincia Sabana de Occidente. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia. pp. 60 [en línea] <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/16297> Fecha de consulta: 16/11/21

Tamayo Zurita, G. E., & Tubay Hidalgo, J. F. (2020). *Comparación nutricional entre el hongo Pleurotus ostreatus (ostra blanca) y el Agaricus bisporus (champiñón)* (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas). Colombia. [en línea] <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51234> Fecha de consulta: 17/08/21

Vargas-Serna, D. R. (2015). Efecto de la mezcla de sustratos en la producción de cepas nativas del hongo (*Pleurotus* spp.) bajo condiciones controladas. Universidad de la Amazonia. Colombia. [en línea] <http://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/89> Fecha de consulta: 27/07/21

Zambrano, P. (2017). Naturaleza Paradais Sphynx. Obtenido de Revista Digital Animales, Mascotas, Naturaleza y Turismo: <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/fungi/champinones-propiedades-agaricus-bisporus>. Fecha de consulta: 04/08/21