
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UNA UNIDAD MÍNIMA FAMILIAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ORELLANA EN EL CENTRO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES LA SALADA

Gustavo Adolfo Jaramillo Jaramillo

Gladys Eugenia Martínez Álvarez

Abel Darío Arango Mejía

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - Regional Antioquia

Centro de los Recursos Naturales Renovables La Salada

Grupo de Investigación GIRNA

Autores para correspondencia: juglans1301@gmail.com

Resumen: Se diseñó y construyó la *Unidad mínima familiar para la producción de orellana* teniendo en cuenta aspectos indispensables como son: sustrato para la alimentación del hongo, y la casa donde vive y se desarrolla el mismo; esto con el objetivo de estandarizar la producción manejando las variables humedad relativa y temperatura de modo que permitan lograr una eficiencia biológica aceptable de acuerdo al tamaño y capacidad de la unidad, facilitando la posibilidad de brindar una alimentación sana y mejorar la seguridad alimentaria a familias de escasos recursos, dado que esta es una problemática que todos los días toma más fuerza sin que se planteen soluciones de fondo. Este modelo responde mediante la producción artesanal con sustrato y materiales de construcción asequibles y buscó estandarizar la producción. Se realizó con aprendices e instructores del área de recursos naturales del Centro de los Recursos Naturales Renovables La Salada. Hasta el momento se han hecho alrededor de seis siembras con resultados en cuanto a eficiencia biológica de 74.89%; esta producción se considera buena respecto al sustrato utilizado.

Palabras clave: Hongos comestibles, orellana, *Pleurotus spp.*, seguridad alimentaria, sustrato.

DESIGN, CONSTRUCTION AND VALIDATION OF A MINIMUM FAMILY UNIT PRODUCTION OF THE OYSTER MUSHROOM AT THE CENTER OF RENEWABLE NATURAL RESOURCES LA SALADA

Abstract: A “minimum family unit production of the oyster mushroom” was designed and built. Several essential factors were taken into account such as: substrate for feeding the fungus as well as where it grows and develops. The objective was to standardize the production process controlling variables such as relative humidity and temperature, in order to achieve an acceptable biological efficiency according to the size and capacity of the unit. Therefore, aiming to provide healthy nutrition and food security to families, given the fact that this is a problem that worsens everyday without any fundamental solutions being contemplated. This model that aims at standardizing production, responds by small-scale production with affordable substrates and building materials. This project was conducted with trainees and instructors of the Natural Resources Area of the Center of Renewable Natural Resources La Salada. At present, there have been approximately six production cycles whose biological efficiency results were of 74.89 %. This is a good production according to the substrate being used.

Keywords: Edible mushrooms, Oyster Mushroom, *Pleurotus* spp., Food security, Substrate.

Introducción

Cuervo & Rodríguez (2013) plantean que los hongos son de vieja data. Desde la prehistoria se han registrado fósiles con más de diez mil años de antigüedad en comunidades tribales, donde se evidencia el consumo de hongos.

Con relación al *Pleurotus* éste se cultiva en otros doce países con varias técnicas de producción en bolsa. Unos pocos de éstos países son occidentales, incluyendo los Estados Unidos, pero los países de *Pleurotus* están en Asia (China, Corea, Japón, Indonesia, Tailandia y Taiwán). La facilidad relativa de producción de la *Pleurotus*, comparada con la de las otras setas, y sus excelentes propiedades gastronómicas le aseguran una posición cada vez más importante en el mercado occidental (Chang & Milles, 1999, 151).

Según Chang y Milles (1989) citado por Rodríguez y Jaramillo (2005, 9) consideran que el *Pleurotus spp.* es un alimento de gran valor nutritivo debido a su alto contenido de proteína, fibra y minerales. Los valores de proteína cruda digestibles están en el orden del 27 % para *P. florida*, del 10,5 al 30,4 % para *P. ostreatus* y del 26.6 % para *P. sajor-caju*, dependiendo de las condiciones de cultivo.

Cuervo & Rodríguez (2013, 68-70) plantean que el mercado de los hongos comestibles se ha destacado por mostrar un incremento del 26 % año tras año a nivel mundial. Desde los años 50, Colombia ha tenido producción de setas comestibles y el hongo que ha tenido un mayor desarrollo ha sido el champiñón.

Se puede encontrar que lo más cercano al saber sobre el consumo *per capita* es el trabajo de tesis titulado “Estudio de factibilidad técnico-financiero de un cultivo del

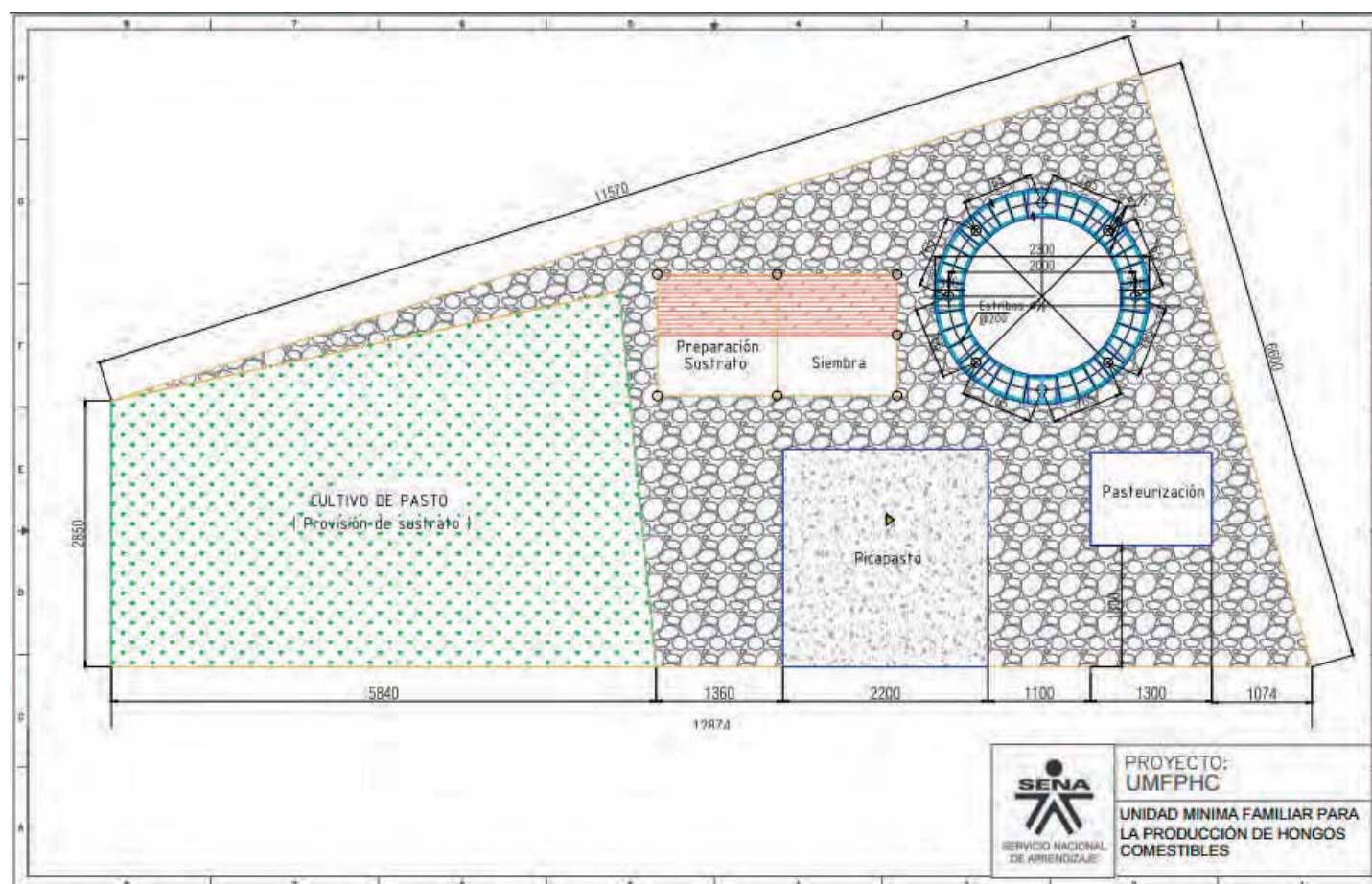
hongo *Pleurotus ostreatus* en Cundinamarca”, en donde se trabaja con un consumo de 0.004 kg al año (Cuervo & Rodríguez, 2013, 70).

La idea de diseñar, construir y validar una Unidad Mínima Familiar para la Producción de Hongos Comestibles (UMFPHC) con énfasis en la orellana como seguridad alimentaria (Figura 1) nace de las propiedades alimenticias, las facilidades relativas de producción y, además, de atender a la sugerencia realizada por los diferentes participantes del curso complementario “Básico para la producción de hongos comestibles y medicinales con énfasis en orellana” que se imparte en el Centro de los Recursos Naturales Renovables La Salada. También se debe a la necesidad de aplicar técnicas artesanales durante el curso que le permitan al participante y a la población rural desarrollar un proyecto productivo y de seguridad alimen-

taria en su parcela, con recursos accesibles, procesos y protocolos que no requieran de un laboratorio sofisticado.

También fue importante considerar la conciencia que ha ido adquiriendo la población de tener una alimentación sana y la seguridad alimentaria; problemáticas que todos los días toman más fuerza a nivel mundial, pero a las que no se plantean soluciones de fondo. Ante esta situación se ideó este proyecto piloto, el cual se puede difundir ya que es de bajo costo, de fácil construcción y de manejo sencillo, bajo una línea tecnológica artesanal que permite obtener una producción estandarizada para consumo de las familias con deficiencias nutricionales y bajos recursos económicos, además de ofrecer la posibilidad de sacar al mercado excedentes para satisfacer la demanda de productos sanos.

Figura 1. Plano general de la UMFPHC diseñada



Fuente: Elaboración de los autores

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2013, 1) calcula que durante el período 2011-13 había un total de 842 millones de personas —alrededor de una de cada ocho personas en el mundo— aquejadas de hambre crónica, es decir, que habitualmente no comen lo suficiente para llevar una vida activa.

Cuando se analiza el estado nutricional de la población colombiana, se suelen referenciar datos generales, pero no se toman en cuenta las particularidades de cada hogar y su región; sin embargo, las investigaciones han demostrado que la desnutrición y el hambre son más significativas en la población que dispone de pocos ingresos, menor nivel educativo y bajos estratos socioeconómicos (Álvarez y Elsur, 2013).

Para la validación de la UMFPHC, a través del diseño y la construcción se tuvieron en cuenta los parámetros indispensables para la producción del hongo, como son: diseño de las áreas, construcción, formulación y adecuación del sustrato, esterilización del sustrato, inoculación del sustrato, incubación del sustrato, fructificación, post cosecha y registros.

Dichos parámetros se tienen en consideración con miras a estandarizar la humedad y temperatura que permitan obtener una eficiencia biológica de la orellana, acordes con la capacidad del tamaño de producción de la unidad.

A partir de los resultados que arroja el análisis al valorar la producción a través del cálculo de la eficiencia biológica, se quiere tener unos datos de producción dentro del módulo que nos permitan establecer un promedio de producción que le dé validez al diseño del módulo y se pueda continuar con la estandarización de la producción y masificación del proyecto hacia la comunidad; que es otra etapa que tiene el proyecto en un futuro cercano.

(T.P.C.), tiempo de producción (T.P), promedio de producción (P), eficiencia biológica (E.B.), tasa de productividad (Ta.P) y pérdida del proceso (P.P); estas se evaluaron a través de promedios aritméticos, valores máximos y mínimos, aplicados a cinco lotes (L3, L4, L5, L6 y L7). Cada lote conformado por veinticinco kilos de sustrato representados en veinticinco bolsas de un kilogramo cada una. A cada lote se le evaluaron las variables descritas a través de las veinticinco bolsas y con los datos registrados se pudieron establecer los promedios, los máximos y los mínimos para cada variable, y conocer a través de estos el comportamiento del hongo en el sustrato preparado y utilizado en los ensayos.

Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

Eficiencia biológica= $\text{Peso total fresco cosechado} / \text{peso del sustrato seco} \times 100$

Tasa de productividad= $\text{eficiencia biológica} / \text{ciclo de producción (60 días para tres oleadas)}$

Pérdidas del proceso= $\text{Número de bloques no productivos} / \text{total de bloques} \times 100$

Diseño y construcción de la UMFPHC

El diseño y construcción de la (UMFPHC) como se puede ver en las Figuras 2, 3 y 4, corresponde a las áreas que son necesarias para desarrollar un proyecto de producción de hongos comestibles con la visión de seguridad alimentaria para el campo rural colombiano con el tamaño de las áreas ajustadas al proyecto.

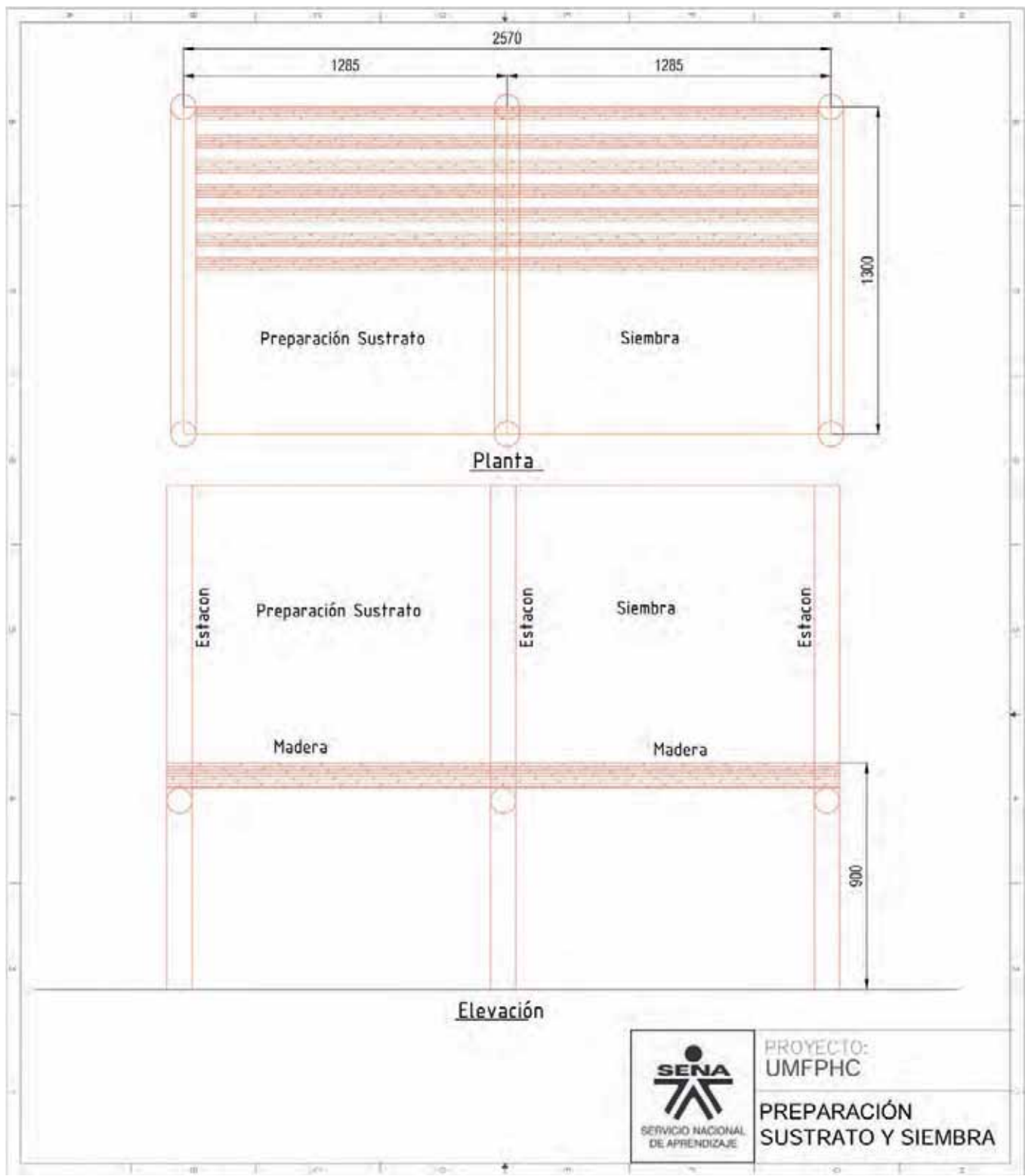
En la Figura 5 se puede vislumbrar la dinámica de interacción permanente entre los autores y los aprendices en la elaboración del diseño y construcción, dando lugar a la retroalimentación permanente sobre estos procesos, lo cual contribuyó a lograr un módulo terminado y fácil de implementar en el sector rural.

Materiales y métodos

Variables consideradas en el proyecto

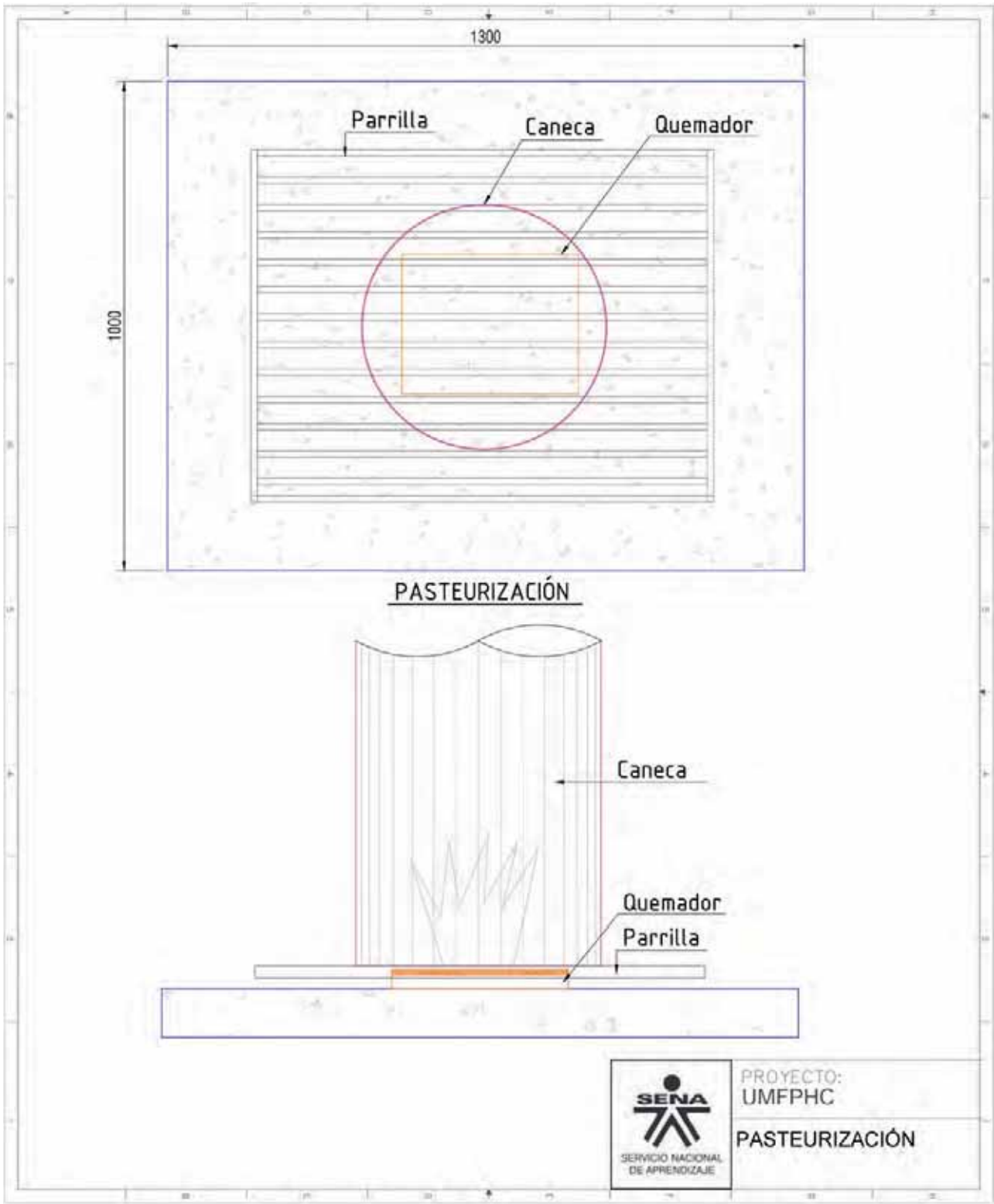
Las variables consideradas en el proyecto fueron: tiempo de incubación (T.I.), tiempo de primera cosecha

Figura 2. Área de preparación y siembra de sustrato



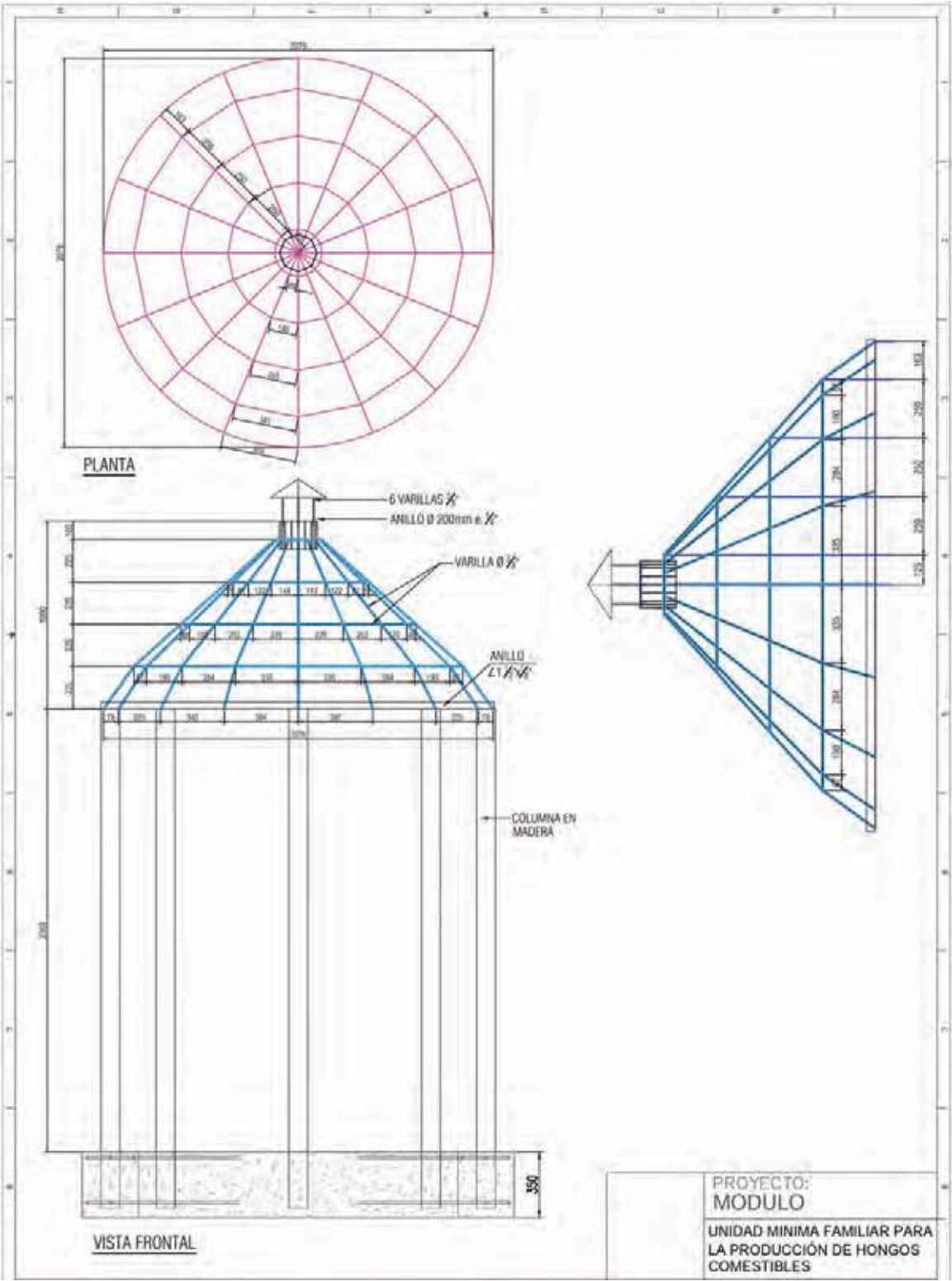
Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Área de pasteurización



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Área de incubación y producción



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Área de preparación, siembra de sustrato, pasteurización, e incubación y producción



Fuente: Elaboración propia

Diseño de los formularios de registro de la producción y eficiencia biológica

Se diseñaron los formularios respectivos para la preparación del sustrato, el registro de la producción y la eficiencia biológica.

Selección, formulación y adecuación del sustrato

Se trata de un material que sirve de soporte al hongo y le suministra el nutriente necesario para su desarrollo. Es una mezcla de diferentes materiales, los cuales permiten a la orellana crecer y desarrollarse mejor.

Tan solo los hongos y algunas bacterias poseen la capacidad para degradar los tejidos vegetales compuestos por lignina, celulosa y hemicelulosa. *Pleurotus ostreatus* degrada estas sustancias debido a su complejo enzimático, lo que le permite usar cualquier sustrato vegetal sin necesidad de realizar fermentación previa... dentro de los componentes que se utilizan en la formulación del sustrato, se encuentran pajas y cereales como trigo, avena y cebada; pajas de gramíneas como maíz, cáscara de maní, bagazo de caña, pulpa de café, salvado de trigo, aserrín y virutas, entre otros. Se pueden emplear también residuos de papel y textiles (Cuervo & Rodríguez, 2013, 19).

Composición del sustrato

Las actividades agrícolas y agroindustriales generan gran cantidad de desechos que no tienen

ningún valor comercial pero que ocasionan contaminación ambiental. Dichos desechos son en su gran mayoría lignocelulósicos, que pueden aprovecharse para el cultivo de setas y de esta manera solucionar el problema ambiental que estos ocasionan, y a su vez generar alimento para consumo humano y subproductos de proceso que pueden utilizarse para la alimentación animal, permitiendo así establecer los sustratos adecuados para la producción de los hongos. Para *Pleurotus spp.*, la relación C/N se encuentra entre 30 y 500, siendo aconsejable tener un rango entre 30 y 100 (Rodríguez, Araque & Perdomo, 2006, 14).

Se realizaron múltiples pruebas y se recogió la experiencia de muchos cultivadores, además de tener en cuenta los productos de cosechas generados en la zona donde se establece el cultivo, esto con el fin de llegar a la formulación que se presenta en la Tabla 1.

Adecuación del sustrato

Este proceso consistió en brindar las condiciones para que el hongo se desarrollara; estas condiciones tienen que ver con el suministro de nutrientes, eliminación de competidores ecológicos y humedad.

Tabla 1. Formulación empleada en el sustrato para la validación de la UMFPHC

Componentes	Porcentaje	Función
Agua	50	Humedad
Materia seca	50	Alimento
Cascarilla de algodón	98	Fuente de carbono
Salvado de trigo	2	Fuente de nitrógeno
Melaza	0,5	Fuente de energía
Cal	2	Corrector de acidez

Fuente: Elaboración de los autores

Nota: la materia seca se compone de cascarilla de algodón y salvado de trigo.

Esterilización del sustrato

El método de eliminación de competidores consiste en generar temperatura a través de un pasteurizado en bloques a una temperatura de 80°C durante tres (3) horas, como se ve en la Figura 6; posterior a esto se saca el material y se deja enfriar para ser sometido a la siembra.

Etapas de inoculación o siembra

Para realizar la siembra se recomienda acondicionar un lugar fácil de limpiar, aislado y sin corrientes de aire. Los sustratos se inoculan con la semilla de siembra del hongo; para ello la semilla se retira de la nevera y se reactiva dos días antes, desmoriándola dentro de la bolsa. Para la siembra se utiliza una tasa de inoculación del 3 % (30 gramos de semilla/kg de sustrato de siembra). Para esta operación debe utilizarse un delantal limpio, gorro y guantes de cirugía limpios. Luego se adiciona de manera homogénea la semilla sobre el sustrato y se realiza la mezcla. (Rodríguez, Araque & Perdomo, 2006, 22).

Se hizo alistamiento del área de siembra dejando disponibles los siguientes materiales: dos mecheros con alcohol, el material de empaque (bolsas de polietileno y polipropileno, aros, recortes de papel periódico, bandas de caucho y fibra de amarre), bisturí y cinta de enmascarar para rotulación del material y alcohol al 70 % para permanente desinfección. Se dispone y se usa gorro, tapabocas,

bata y guantes para el personal que ejecute la siembra. Como se ve en la Figura 6, se desinfectó la bolsa con la semilla rociando con alcohol, presionándola con las manos para descompactarla. Se dejó caer la semilla sobre el sustrato, aproximadamente 30 gramos por bolsa de kilo y se procedió a mezclar. Se marcaron las bolsas con rótulo o directamente con marcador con la fecha, responsable de la siembra y número consecutivo.

Etapas de incubación

Consistió en la invasión del micelio del hongo sobre el sustrato. La duración puede variar entre 20 y 35 días aproximadamente. Se colocaron las bolsas dentro del módulo y se taparon con bolsas negras (como se aprecia en la Figura 6) para que inicien el proceso de incubación o invasión del micelio a una temperatura de 26°C y 85 % de humedad relativa, con aireación que puede ser suministrada por un ventilador en el lugar de incubación. Se revisaron las bolsas todos los días después de la siembra, con el objeto de controlar cualquier anomalía que pudiera presentarse con respecto a la contaminación.

Etapas de fructificación

El periodo de fructificación (como se aprecia en la Figura 6) dura entre 4 y 8 semanas (tiempo durante el cual se pueden obtener 3 o 4 cosechas). Si después de revisadas las bolsas se encuentra que estas ya han sido invadidas completamente por el micelio (color blanco) y no presentan signos de contaminación (otros colores como negro, verde, rojo o amarillo), se les retira la bolsa negra que las está cubriendo y se le hacen 12 o más agujeros a su alrededor con bisturí a las bolsas que contienen el sustrato inoculado, se ajusta la temperatura a 25°C y la humedad relativa a 90 % y suministramos aireación: condiciones necesarias para que empiece el proceso de fructificación en todas las unidades. Se deben inspeccionar continuamente las bolsas para su cosecha.

Manejo post cosecha

El momento de la cosecha (como lo muestra la Figura 6) llega cuando el sombrero del hongo se ha abierto completamente y toma forma plana. Se debe cosechar antes de que los bordes empiecen a curvarse hacia arriba y tomen forma de plato. Se cosechó cortando el hongo cuidadosamente por la base, haciendo una ligera torsión con la mano, evitando cortar trozos de sustrato.

Figura 6. Pasteurización, siembra, incubación, producción, cosecha y empaque en bandeja



Fuente: Elaboración propia

Registros

Después de cosechados los hongos, estos se dispusieron en una canasta con los respectivos rótulos de la bolsa de la que fueron cosechados, se pesaron y registraron en los formatos y se hicieron los cálculos de las variables.

Resultados y discusión

Con respecto a la validación del módulo se obtuvieron los resultados que se observan en la Tabla 2, a través del proceso de producción del que fue objeto el módulo.

Tabla 2. Cálculo de las variables para la validación de la UMFPHC

Variable	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7	Total/Promedio
Tiempo de incubación días (T.I.)	33	23	17	31	28	26.4
Tiempo primera cosecha días (T.P.C.)	18.6	8.76	12	12	1344	12.96
Tiempo de producción días (T.P.)	143	117	93	90	57	100.00
Promedio producción g (P)	72.18	99.45	238.73	110.76	48.36	113.89
Eficiencia biológica % (E.B.)	93.84	93.08	88.81	76.68	22.05	74.89
Tasa de productividad % (Ta.P.)	66	80	44.85	85	39	62.97
Pérdida del proceso % (P.P.)	13.64	0	0	0	12	5.13
Total de producción Kg (T.P.P.)	10,32	11,64	22,20	99,68	2,76	56883.56

Fuente: Elaboración de los autores

Nota: en negrita van los valores más relevantes por lo bajo o por lo alto según la variable analizada y la producción total del módulo.

La eficiencia biológica (E.B.) promedio total fue de 74.89 % la cual es, de acuerdo a la literatura consultada, muy adecuada, pues los reportes hablan de E.B. superiores a 60 % como las deseables.

El lote de mejor comportamiento desde el punto de vista de E.B., que para el proyecto es la variable más relevante, fue el lote tres (3) con 93.84 %.

El total de producción fue de 56883.56 g, correspondiente a 74.89 % de eficiencia biológica, los cuales se encuentran dentro de los rangos establecidos para suministrar la proteína a una familia de cinco integrantes hasta volver a cosechar los frutos de una segunda siembra.

Costos de la construcción

Con respecto a los costos de construcción del módulo se tienen los siguientes resultados de la Tabla 3.

Los mayores componentes de costos de inversión para una UMFPHC son la cúpula donde se alojan las semillas para su fructificación con un 20.7 %, pero se debe tener en cuenta que es por la calidad de su material en hierro de media pulgada altamente resistente; le siguen los estacones inmunizados con el 17.2 %. Estos dos componentes pueden bajar a la mitad utilizando una varilla de menor diámetro y estacones no inmunizados o material de segunda que se puede conseguir en almacenes de materiales encargados de demoliciones de viviendas. Si el productor tiene madera sembrada en su finca, tal como pátula, ciprés o eucalipto, le saldrá a más bajo costo. El tercer componente de alto costo es la mano de obra con 19.8 %, pero el mismo productor lo puede construir dado que no es complejo de hacer bajo la figura de convite con la comunidad.

Tabla 3. Costos de inversión de la construcción en la UMFPHC

Nº	Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Costo total \$	% incidencia
1	Cúpula en hierro 1/2"	U	1	900000	900000	20.7
2	Plástico Agrolene lechoso	k	24.2	12000	290400	6.7
3	Estacones inmunizados	U	22	34000	748000	17.2
4	Otros insumos	varios	varios	varios	1544970	35.6
5	Mano de obra	J	39	22000	858000	19.8
	Total				4341370	100

Fuente: Elaboración de los autores

Nota: U: Unidad. k: kilo. B: Bulto. m³: metro cúbico. m: metro. R: Rollo. C: Caja. J: Jornal. Otros insumos de construcción genéricos son alambre rígido calibre 12, bombillos de 100 vatios, sistema de riego, llaves de paso, tubería de PVC de ½", termómetro, quemador de gas, caneca de 55 gl, clavos, tornillos, grapa industrial, zarán, cemento, gravilla, malla electro soldada, yumboló, varillones, arena de pega, y tablas.

Con el análisis anterior y considerando los componentes que más influencia tienen en el incremento de los costos que aproximadamente serían de un 60 %, se puede pensar que los costos del módulo con el manejo sugerido a los componentes mencionados podría bajar a un 50 % del costo total calculado, lo cual correspondería a \$2'170.685; un costo que pone el proyecto al alcance de familias de escasos recursos a través de la financiación o subsidio de los organismos gubernamentales y de ONG interesadas en subsidiar proyectos de seguridad alimentaria.

Conclusiones

La eficiencia biológica promedio de 74.89 % conlleva a concluir que el módulo es adecuado en su estructura y diseño, y permite que en su interior se den los valores que se necesitan de las variables de humedad relativa y temperatura para que el proceso biológico de producir cuerpo fructífero se desarrolle en la unidad mínima familiar para la producción de orellana.

La construcción del diseño elaborado y bajo el análisis realizado de los costos, junto con la eficiencia biológica obtenida, permiten que la UMFPHC se desarrolle en comu-

nidades con dificultades de obtención de alimentación y nutrición que les garantice un desarrollo de las actividades biológicas y la cotidianidad para mantener una calidad y nivel de vida con igualdad de oportunidades.

La cantidad de orellanas producida en el módulo diseñado permite proveer 124 g /persona/día de alimento de excelente calidad, especialmente en cuanto a la provisión de proteína, punto débil de la seguridad inmunitaria, para una familia de cinco (5) personas, generando incluso un excedente que es posible transformar para almacenar o para comercializar, lo cual generaría ingresos extras con miras a mejorar las condiciones económicas familiares.

Referencias

Álvarez, C.; Luz Stella P.; Elsurry Johana (1998). El estado nutricional de la población colombiana: los efectos de la desigualdad. Universidad de Antioquia Noticias. Miércoles, 06 de marzo de 2013. En: <http://www.udea.co/portal/page/bActualidad/Principaludea/udeAnoticias/Historial/202013>

Chang, S.T.; Miles, P.G. Biología de las setas (1998). Fundamentos Básicos y acontecimientos actuales. World Scientific, Singapapore, New Jersey, London y Hong Kong. Ágora Editores Ltda. Santafé de Bogotá, D.C.

- Colombia, p. 205.
- Chang, S.T.; Miles, P.G (1998). Edible mushrooms and their cultivation. Boca raton, CRC Press, p. 345.
- Cuervo, A. J. y Rodríguez, C.J.L. (2013). Cultivo del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Kumm) sobre residuos agroforestales. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ciencias agropecuarias, p. 80.
- FAO (2013). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. Las múltiples dimensiones de la seguridad alimentaria. Resumen, 13458S1/09.13.
- Rodríguez, V.; Jaramillo L. (2005). Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. Federación Nacional de cafeteros de Colombia y Cenicafe. Centro Nacional de Investigaciones de Café “Pedro Uribe Mejía”, p. 56.
- Rodríguez, V.; Araque, F.; Y Perdomo, P. (2006). Producción de los hongos comestibles orellana y Shitake. Financiado por el Sena, Asufungicol, Federación Nacional de cafeteros de Colombia y Cenicafe. Ed. Sección de divulgación y transferencia, Cenicafé, FNC, p. 33.