

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y
ALIMENTOS

TESIS PROFESIONAL

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE *Pleurotus ostreatus* EN RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA EN AGROALIMENTOS

PRESENTA

BRENDA YURIXY NIEVES DE LA CRUZ

DIRECTOR DE TESIS

M. EN C. EMANUEL RIVAS ROBLES

Villa de Acapetahua Chiapas

Abril 2023



AGRADECIMIENTO

La sabiduría se obtiene gracias a la constante preparación luchando día a día lo que incluye esfuerzos, desvelos, dedicación y persistencia.

Este esfuerzo es dedicado a Jesucristo, mi hijo quien es mi mayor motivo de ser perseverante y no rendirme; mi esposo, mis padres y especialmente a mi madre por prepararme en todo. Y por primera vez me aplaudo a mí misma por lograr un sueño, una meta frustrada, por esforzarme y decirme a mí misma y a los lectores que sí se puede.

La gratitud implica valorar y agradecer hasta por las mínimas acciones. Mtro. Emanuel Rivas Robles asesor de tesis, Mtra. Edelmi Tadeo Coronel y Mtro. Mario Alberto Morales Ovando, con gran afecto y cariño les doy las gracias, por todo el apoyo constante brindado.

También le agradezco a La Extractora de Aceite de Palma (PAPSA S.A); especialmente al gerente general de planta Audiel Aguilar Pérez, por permitir abrirnos las puertas de la planta y tomar muestras de fibra de palma africana.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Villa de Acapetahua, Chiapas
27 de marzo del 2023

C. Brenda Yurixi Nieves de la Cruz

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería en Agroalimentos

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Evaluación de las Condiciones Ambientales para el Desarrollo de *Pleurotus ostreatus* en

Residuos Agroindustriales

En la modalidad de:

Tesis profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

M.C. Mario Alberto Morales Ovando

Mtra. Edelmi Tadeo Coronel

M.C. Emanuel Rivas Robles

Firmas:

Cop. Expediente



Pág. 1 de 1
Revisión 4

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
OBJETIVOS.....	6
OBJETIVO GENERAL.....	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
MARCO TEÓRICO.....	7
ANTECEDENTES.....	7
DESCRIPCIÓN DE BASIDIOMICETOS.....	12
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>P. OSTREATUS</i>	13
CICLO DE VIDA DEL HONGO <i>P. OSTREATUS</i>	13
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE <i>P. OSTREATUS</i>	14
El carpóforo o sombrerillo.....	15
Estípite.....	15
Las estructuras que forman el himenio.....	15
El anillo.....	15
Borde.....	15
Laminillas.....	15
Esporas.....	15
Esporadas.....	16
CICLO REPRODUCTIVO DE <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>	16
CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE <i>P. OSTREATUS</i>	16
NUTRIENTES NECESARIOS PARA EL CRECIMIENTO DE <i>P. OSTREATUS</i>	17
Carbono.....	17
Polímeros.....	17
Azúcares.....	17
Lípidos.....	17
Nitrógeno.....	18
Minerales.....	18

Vitaminas	18
EL RESIDUO DE BANANO EN EL DESARROLLO DE <i>P. OSTREATUS</i>	19
LA FIBRA DE PALMA AFRICANA	19
ASERRÍN DE ROBLE.....	21
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	22
FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO Y FRUCTIFICACIÓN DE <i>P. OSTREATUS</i>	22
El pH	22
La temperatura	23
Humedad en el residuo	23
Aireación	23
Luz	24
FACTORES GENERALES QUE INTERVIENEN EN EL CULTIVO DE <i>P. OSTREATUS</i>	24
Plagas	24
Enfermedades	24
Biológicos.....	25
Diámetro y altura en los hongos	25
SISTEMAS DE CULTIVOS EN LAS SETAS	25
SISTEMA DE PRODUCCIÓN TRADICIONAL O RÚSTICA	25
Picado del residuo.....	26
Humectación	26
Pasteurización.....	26
Recipiente para el residuo.....	27
Siembra e inoculación	27
Incubación	28
Fructificación.....	28
Producción.....	28
Cosecha	29
HIPÓTESIS	30
METODOLOGÍA.....	31
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	31
POBLACIÓN	31
MUESTRA.....	32

MUESTREO	32
VARIABLES	32
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	33
DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS UTILIZADAS.....	34
A. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE BANANO, FIBRA DE PALMA AFRICANA Y ASERRÍN DE ROBLE.	34
B. ANÁLISIS DE LOS FACTORES AMBIENTALES EN EL CRECIMIENTO DEL HONGO.	38
C. DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO DE <i>P. OSTREATUS</i> EN LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	39
Altura y diámetro de hongo	39
ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE <i>P. OSTREATUS</i>	39
Preparación de residuos.....	39
DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	42
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	43
A) CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE BANANO, FIBRA DE PALMA AFRICANA Y ASERRÍN DE ROBLE.	43
B) FACTORES AMBIENTALES EN EL CRECIMIENTO DEL HONGO COMESTIBLE.	45
Determinación de humedad en los residuos.....	46
C) DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO DE <i>P. OSTREATUS</i> EN RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.	48
CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES	51
GLOSARIO	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	61

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de <i>Pleurotus ostreatus</i>	14
Figura 2. Partes básicas de una seta (López <i>et al.</i> , 2013).....	16
Figura 3. Fibra residual de la extracción de aceite de palma africana.	21
Figura 4. Sitio donde se obtuvieron los residuos agroindustriales (Google Earth, 2015).	32

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Contenido nutricional de los principales hongos comestibles.	18
Tabla 2. Residuos obtenidos de la extracción de aceite de palma en PAPSA S.A.	21
Tabla 3. Composición nutricional de residuos agroindustriales.....	22
Tabla 4. Periodos de tiempo aptos en las tres etapas de producción de <i>P. ostreatus</i> en diferentes épocas del año.	29
Tabla 5. Instrumentos de medición.....	33
Tabla 6. Análisis proximal por el método AOAC.....	38
Tabla 7. Análisis proximal de los residuos agroindustriales.....	43
Tabla 8. Evaluación de carpóforos en residuos de banano, palma africana, aserrín de roble y combinación de los tres residuos.....	48

INTRODUCCIÓN

El estado de Chiapas se ha enfrentado a una realidad sumamente importante en la cual, el deterioro ambiental es el tema principal, puesto que la gran pérdida de ecosistemas y su biodiversidad hace que el cambio climático global se acelere demasiado rápido, por consiguiente, esto afectaría lo social, económico y ambiental sufriendo pérdida en los cultivos. Las actividades económicas del municipio de Villa de Acapetahua giran en torno a actividades agrícolas, ganaderas, pesquera y extractivas; en donde se destaca por producción de banano y aceite de palma africana. Estos sistemas productivos son fuente de residuos en los que no se promueve la reutilización, los vierten al ambiente o queman, desperdiciando una fuente de material lignocelulósico que puede ser utilizada en la producción de alimentos como es el hongo comestible *P. ostreatus*.

La acumulación anual de residuo agroindustrial de banano en La bananera Mari Carmen Las Pampitas S.A. es de aproximadamente 876,400 kg/día, residuos de palma africana 121 t/día lo suficiente para usar como sustratos en el desarrollo de hongos tipo *P. ostreatus*. Desafortunadamente los residuos agroindustriales en la zona de estudio no se promueven y por tanto no se aplican técnicas para el cultivo del hongo. Aunado a esto para los residuos de banano, residuos de palma africana, y residuos de aserrín de roble se buscó realizar la caracterización de cada uno de ellos, así mismo la evaluación de condiciones ambientales: temperatura y humedad en la que se desarrolló el hongo y de igual forma lectura de altura y diámetro del estipe o pie en el hongo.

Garzón-López *et al.*, (2005) mencionan que los sustratos más recomendables para obtener una buena germinación de los hongos son: aserrín con 70% y 30% de tierra, 50% acículas y 50% de tierra, que se caracterizan por una buena retención de humedad, permisibilidad de oxigenación y absorción de calor, condiciones que favorecen la germinación de la especie de roble.

El cultivo de *P. ostreatus* sobre aserrín, se debe utilizar maderas de tipo duras puesto que las especies de madera duras contienen mayor cantidad de nutrientes necesarios como celulosa y lignina. Además, para que el aserrín sea un residuo alternativo para el cultivo no debe de ser madera blanda debido a que contienen altos niveles de compuestos fenólicos lo cual debe ser eliminado.

La presente investigación es de tipo descriptiva, busca especificar las propiedades y las características o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. En este trabajo únicamente se recopilaron datos como: la caracterización de residuos de banano, residuos de palma africana y residuos de aserrín de roble dentro de ello el contenido de humedad, cenizas totales, lípidos, proteína y fibra, así como, los factores ambientales de temperatura, humedad relativa y humedad de residuos en el desarrollo del cultivo, además, se midió la altura y diámetro de estipe o pie del hongo.

En la caracterización de los tres residuos agroindustriales: banano presentó 7.63% de proteína cruda y 37.84% de fibra cruda, mientras que, en residuos de palma africana fue de 5.3% de proteína cruda, 26.65% de fibra cruda. El aserrín de roble presentó 5.98% de proteína cruda y 42.62% de fibra cruda. De acuerdo a las temperaturas más altas se registró el día 2 a 34°C a las 3:00 pm, el día 9 a 34°C, a las 11:00 am y el día 11 a 33°C a las 3:00 pm y el día 3 se tomó registro de 32°C y los días 5,7,10,12,13 a las 3 pm se obtuvo la misma temperatura de 32°C.

Por otro lado, la evaluación en contenido de humedad a los residuos utilizados el mayor porcentaje se obtuvo para banano con 88.78 % de 2 a 6 pm, nuevamente banano con 80.91% de 9 a 11 am y aserrín de roble con 76.64%. cabe mencionar que los valores mínimos de humedad los obtuvo fibra de palma africana de 60 a 70% de 9 a 11 am, 11 a 2 pm y 2 a 6 pm.

Los cuerpos fructíferos aparecieron los días 11 a 13 después de haber sembrado la cepa en los residuos. Por lo que, los cuerpos fructíferos crecieron en temporada de verano y a pesar de que es época calurosa con registros de 34 °C se desarrollaron muy lento. Así mismo se midieron los cuerpos fructíferos obteniendo mejores resultados en combinación de residuos (banano, fibra de palma africana y aserrín de roble) con 3.12 cm y tratamiento 2 (residuos de palma africana) 5.08 cm que fue donde se obtuvo más altura en pie o estipe. En diámetro mejor alcanzado en píleo o sombrero fue en T3 residuo de aserrín de roble con 4.17 cm y T4 combinación de los tres residuos 3.28 cm.

JUSTIFICACIÓN

Informes publicados sobre los efectos que ocasionan los residuos agroindustriales, se encontró que industrias como las bananeras y aceiteras son grandes generadoras de residuos, lo que promueve la optimización de los recursos disponibles, el aprovechamiento de los residuos agroindustriales los cuales permiten desarrollar el presente proyecto enfocado al área sustentable, así mismo, se aprovecha de manera apropiada como residuos que permiten generar conocimiento para la formación de capacidades locales y que beneficie a las personas en el municipio de Villa de Acapetahua.

Debido a que los residuos son acumulados y no son aprovechados de manera adecuada, ante esto surge la necesidad de implementar nuevas alternativas, como proyecto de aprovechamiento de estos residuos debido a su bajo costo, en el desarrollo de un alimento rico en proteínas y que a su vez se puede conseguir en cualquiera de las industrias.

En el caso de las extractoras de aceite de palma africana son generadoras de contaminantes, lo que provoca impactos negativos en los diferentes elementos ambientales (suelo, aire, flora, fauna). Así mismo, cabe mencionar que el aprovechamiento de los residuos agroindustriales de banano, palma africana y aserrín de roble son una alternativa como sustratos para cultivar alimentos, dado es el caso de *P. ostreatus* por ello la necesidad de reducir la contaminación a causa de los residuos que contrarresten los procesos de degradación ambiental originados por quema y vertidos desordenados de residuos agroindustriales y de esta forma combatir el cambio climático.

El desarrollo de la presente investigación permitió por un lado resolver problemas reales y tener un mejor acercamiento de contribuir en la promoción y generación de proyectos agroalimentarios sustentables a nivel comunitario a través del aprovechamiento y utilización de recursos disponibles en el desarrollo de alimentos, y por el otro reforzar las habilidades y destrezas experimentales y manejo de métodos adecuados de trabajo en el laboratorio en donde ellos le puedan dar otra perspectiva de uso con fines de producción de alimentos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El municipio de Villa de Acapetahua Chiapas se destaca principalmente por producción de plátano, palma africana, muebles de madera. Ante ello, produciendo sin importar los residuos, desechando hojas, pseudotallo, pinzote y de la extracción de aceite se generan raquis, fibra y coquillo y de las carpinterías se obtiene aserrín. Ante ello, no se tiene un aprovechamiento sustentable. Por lo que, opcionalmente podrían ser utilizados en cultivos de *P. ostreatus*, lo cual es limitado por diversas causas, entre los que destaca el hermetismo, la nula información en productores y condiciones ambientales éstos hacen que no se apliquen técnicas que favorezcan el crecimiento y por otro lado crear la cultura necesaria entre los pobladores.

Ante la situación mencionada, en Villa de Acapetahua se observa pérdida de ecosistemas y su biodiversidad, suelos, contaminación del aire y cada vez más la baja disponibilidad de agua son serios problemas ambientales que por la magnitud de su extensión y por implicaciones, sociales, económicas y ambientales, está siendo muy afectado el futuro del hombre. Los registros de residuos obtenidos de la producción de banano, extracción de aceite y carpinterías en donde por ser abundantes en esta zona de fácil acceso y ser materiales baratos podrían ser viables para el cultivo de *P. ostreatus*.

La bananera Mari Carmen las Pampitas S.A ubicada en la colonia Soconusco municipio de Acapetahua genera 876 400 kg/año de residuos dependiendo de la producción diaria, generando desechos contaminantes para ser apilados, quemados; los cuales, liberan malos olores provocando la reproducción de mosquitos y enfermedades. Por otro lado, la extractora de aceite vegetal localizada en Villa Comaltitlán de nombre PAPSA S.A genera 121 t/día de residuos. También encontramos la carpintería Acapetahua ubicada en el municipio antes mencionado con cantidades de 60 kilos de residuos por semana que al darle un uso a la madera y aprovecharla se olvidan de que también se le debería dar un uso adecuado al aserrín de madera de roble.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar los residuos agroindustriales de banano, fibra de palma africana y aserrín de roble así como también las condiciones ambientales en el crecimiento de *P. ostreatus* como una alternativa para el aprovechamiento de residuos.

Objetivos específicos

- a. Caracterizar los residuos agroindustriales de banano, fibra de palma africana y aserrín de roble.
- b. Analizar los factores ambientales en el crecimiento del hongo comestible.
- c. Determinar el crecimiento de *P. ostreatus* en los residuos agroindustriales.

MARCO TEÓRICO

Antecedentes

En múltiples investigaciones se ha demostrado la capacidad que tiene *P. ostreatus* de desarrollarse en diferentes tipos de residuos de la misma manera buscando así el aprovechamiento de los residuos agroindustriales y determinando su contenido nutricional para saber qué tan aptos son para el desarrollo de este hongo.

Vargas *et al.*, (2012) usaron a hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*; se evaluó la hojarasca de roble como sustrato para el crecimiento del hongo. Se determinó la caracterización de análisis proximal a la hojarasca de roble y bagazo de caña. Para esto se usó un invernadero en el que se realizó la incubación y fructificación del hongo, a una temperatura media de 19°C y humedad relativa de 77%. Se realizó en un laboratorio de biotecnología para las pruebas microbiológicas de la hojarasca de roble y pruebas de secado de los sustratos. En el análisis proximal la hojarasca de roble se obtuvo en ceniza 24.93%, extracto éter 2.73%, fibra cruda 37.52%, proteína bruta 13.12% y nitrógeno total 2.09%. Los residuos de hojarasca de roble arrojan resultados aceptables para la producción de *P. ostreatus* en eficiencia biológica 44.35%.

Hernández y López *et al.*, (2012) evaluaron el crecimiento y producción de *P. ostreatus* sobre diferentes tipos de residuos agroindustriales. Dentro de los objetivos se determinaron los residuos agroindustriales más eficientes para el crecimiento de *P. ostreatus* y evaluar la producción así también determinar el análisis proximal por el método de AOAC. Se buscó encontrar una alternativa para el cultivo de *P. ostreatus* que permita disminuir el tiempo y costos de producción. Para esto, se acondiciono el lugar en el que se realizó el cultivo manteniendo las condiciones ambientales controladas. Para preparar los residuos se deshidrataron mediante la exposición de sol. Para la formulación de los residuos agroindustriales usados (fuente de carbono) salvado de trigo (fuente de nitrógeno), azúcar, cal, agua. Se esterilizaron los residuos y se inocularon. En los resultados de análisis proximal arrojó 9.3% de grasa, 2.7% de fibra cruda y 29.9% extracto libre de nitrógeno. El residuo más eficiente fue el aserrín de roble, con un periodo total de producción de 39 días el cual lo hace rentable para la producción de hongos.

Silva *et al.*, (2009) evaluaron subproductos o residuos de la palma de aceite (palmiste y cachaza) como suplemento en la ganancia de peso de novillos de ceba. Como objetivo se buscó reconocer algunos factores que contribuyan en la mejora del medio ambiente con el uso de estos subproductos y caracterizar nutricionalmente el palmiste y cachaza. En los resultados de análisis nutricional arrojó 8% en grasa, 14% proteína, 30% fibra cruda y 0.24% en calcio. La explotación de novillos de ceba con suplementos a base subproductos o residuos de la palma africana es un hecho que se puede obtener buenos resultados para las ganancias diarias.

Viveros-González *et al.*, (2000) desarrollaron el uso y manejo integral del hongo (*Pleurotus spp*) en Calpan, Puebla. Se buscó aprovechar las condiciones ambientales favorables para el crecimiento del hongo, así también estudiar el uso y manejo de los residuos agrícolas empleados en la producción del hongo. Se determinó los volúmenes de residuos de cada uno y se comparó la eficiencia biológica de los residuos (rastreo de maíz, paja de frijol y combinados) en la producción de *Pleurotus spp*. Para la obtención de la eficiencia biológica se realizó con seis tratamientos y 12 réplicas cada uno. Se pasteurizaron los residuos a 80°C, se inoculó el residuo con micelio activado o semilla adicionando 200 g por cada ocho kg de sustrato y colonizó en la obscuridad en un periodo de 25 días a temperatura de 20°C a 25°C empezó a emerger pequeños brotes de hongos. Se mantuvo un promedio de 14 kg de hongos semanalmente por cada residuo, dando un total de 336 kg; los sustratos usados fueron favorables para la producción.

Vogel y Salmones *et al.*, (2000) realizaron análisis comparativo de la productividad de cepas de *Pleurotus spp*. Cultivadas en una planta comercial. Se buscó comparar la producción de cepas *Pleurotus spp*. Así como también las condiciones ambientales y diferencias entre ellas. Se utilizó como sustrato o residuo paja de trigo enriquecida con sulfato de calcio y harina de soya tratados con formaldehidos en una proporción (peso seco) de 5.5% cada uno. Los materiales se mezclaron en un fermentador hidratando el residuo con agua a 58°C hasta alcanzar humedad de 71±1% al terminar la fermentación se aplicó solución acuosa de benomyl y diflubenzuron para evitar mohos en las bolsas. Los experimentos fueron realizados con dos cepas diferentes *pleurotus pulmonarius* y *pleurotus ostreatus*; durante las primeras 15 horas de incubación las temperaturas de los sustratos fueron semejantes, alcanzando un pico máximo de 38-39°C y a partir del día cuatro hubo diferencias entre las especies ya que se mantuvieron a 5°C arriba de las temperaturas antes mencionadas. En cuanto a crecimiento se observaron variaciones en cada tipo de cepa y residuo.

En el caso de *P. pulmonarius* mostraron una textura y carnosidad aceptable y para *P. ostreatus* fueron quebradizos y su vida de anaquel sólo duró de cuatro a cinco días.

Aguilar *et al.*, (2003) estudiaron el aprovechamiento de cascara de pitaya para el crecimiento de setas (*Pleurotus ostreatus*) en condiciones de laboratorio. Los objetivos principales fueron determinar la composición proximal de las mezclas de los residuos: paja de trigo con 3% de cascara de pitaya y paja de trigo con 10% de cascara de pitaya así como también; los efectos de las temperaturas en el desarrollo del hongo. La metodología para análisis proximal fue por el método de la AOAC y para las temperaturas se monitoreo, se registró durante todo el periodo de cultivo con ayuda de un termómetro introducido en el interior de las bolsas con sus respectivos residuo. En los primeros tres días de incubación hubo un incremento de temperatura de 21°C a 28°C este aumento se debió seguramente a que el micelio estaba en la etapa de mayor actividad biológica, por lo que se tiene reportes de que cuando el micelio está en la etapa de adaptación al residuo, se incrementa la actividad metabólica, liberándose gran cantidad de energía en forma de calor, lo que provoca un incremento en la temperatura en las bolsas.

Bautista-Portugal *et al.*, (2004) mencionan que, la evaluación de la producción de *P. ostreatus* sobre paja de trigo como residuo utilizado en un módulo rústico tuvieron como resultado los diámetros máximos y mínimos del pileo en cm de cada cosecha tomando la media de 10 repeticiones de la cepa *P. ostreatus* en la primera cosecha como máximo fue de 12.6 cm y mínimo con 5.95 cm, en la segunda cosecha el máximo fue de 9.8 cm y mínimo de 4.7 cm, para la tercera cosecha como máximo de 5.82 cm y mínimo fue de 2.57 cm de diámetro del pileo. La temperatura media quincenal dentro del área de incubación de las bolsas varió de entre 15°C y 28.5°C (mínima) y entre 20°C y 32.6°C (máxima) durante los meses de enero a marzo que fue el período que permanecieron las bolsas dentro del área de incubación.

Motato-León *et al.*, (2006) evaluaron los residuos agroindustriales de plátano y aserrín de abarco (*Cariniana piriformes*) como residuo para el cultivo del hongo *P. djamor*. Se obtuvo el diámetro alcanzado por los diferentes residuos bajo tres diferentes temperaturas demostrando una clara influencia de la temperatura sobre el crecimiento micelial, donde los diferentes residuos muestran una menor velocidad de crecimiento bajo una temperatura de 15°C. Las temperaturas de 20 y 26°C favorecieron el crecimiento del hongo, y aunque a 26°C se obtuvieron los mejores resultados, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de las dos

temperaturas. En cuanto a la densidad y vigor del micelio sobre las diferentes mezclas en todas las temperaturas, se encontró que los micelios crecidos sobre la mezcla AH (aserrín y hoja) y H (hoja) fueron más densos que los demás residuos. El aserrín, por su parte, fue determinante al mostrar un desarrollo de la cepa muy débil.

Gaitán-Mata *et al.*, (2006) mencionan que, los hongos del género *Pleurotus*, toman los nutrientes necesarios para alimentarse de los materiales sobre los que crecen. Así mismo, tienen la capacidad de degradar celulosa y lignina presente en diversos esquilmos agrícolas. Para seleccionar el residuo a utilizar en el desarrollo del hongo, es indispensable conocer la disponibilidad y abundancia del mismo en la región en donde se piensa cultivar el hongo seta. Es importante tomar en cuenta, buen precio de adquisición y que sea fácil de transportar. Para utilizar los residuos en el cultivo del hongo seta, es necesario someterlos a un tratamiento previo en donde se les aplica calor para disminuir la flora microbiana nociva que está presente en ellos y de esta manera evitar que los microorganismos compitan por espacio y nutrientes con el micelio de *Pleurotus*.

Garzón y Cuervo *et al.*, (2008) evaluaron el desarrollo de *P. ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia en la preparación de los residuos, esterilización e inoculación, las bolsas fueron llevadas a un estante previamente desinfectado que se encontraba en la zona de incubación del invernadero que se construyó para este estudio, en donde se observaron temperaturas entre 7°C y 34°C y humedad relativa entre 31 y 100%; las bolsas permanecieron allí ocho días sin ser abiertas o movidas. Después de los ocho días, las bolsas fueron monitoreadas diariamente abriendo el nudo de la parte superior, y así mismo permitiendo aireación de los residuos; éstas fueron volteadas diariamente para mayor homogeneidad en la humedad y aireación. Esta fase se dio por terminada cuando en los monitoreos se observó que el micelio había colonizado toda la superficie del residuo, es decir, cuando el residuo se veía totalmente cubierto de una masa blanquecina.

Barrios-Sánchez *et al.*, (2009) realizaron composteo en cajones de madera como pretratamiento del residuo para cultivar *P. ostreatus* encontraron en la evaluación de temperatura que el residuo que en sus tres niveles, durante las 51 hr de composteo. De un valor inicial de 26°C, similar a la temperatura ambiental, fue incrementándose conforme transcurría el tiempo, hasta llegar alrededor de 53-58°C a las 21 horas. En ese momento se hizo la remoción del residuo y la

reubicación de los niveles, lo que hizo descender la temperatura momentaneamente hasta 35°C, después la temperatura volvió a incrementar hasta alcanzar alrededor de 68-70°C, a las 48 horas de composteo. La humedad relativa y la temperatura ambiental en el sitio donde se realizó el experimento oscilaron alrededor de 25±2°C y entre 80-90% de humedad.

Gaitán-Mata *et al.*, (2009) analizaron el comportamiento de temperatura y humedad durante el periodo de fermentación, la temperatura de la paja aumentó de manera gradual desde el día uno, con un registro máximo de 64°C al día 5, y disminución hasta el último día de fermentación de 58°C. Bajo una temperatura ambiental promedio de 22°C y con condiciones de fermentación empleadas, al segundo día la paja había alcanzado 50°C. Con humedad final del 69%; Sin embargo, la humedad del residuo aumentó del 69 al 74% después de su pasteurización con inyección de vapor, con humedad del residuo de 73% después del tratamiento térmico. En el periodo de incubación, no hubo diferencias significativas en las temperaturas registradas en el interior de las muestras del residuo de ambas condiciones. La temperatura máxima en bolsas sembradas con *P. pulmonarius* en paja control (PC) fue de 34°C y en paja control fermentada (PCF) de 32.5°C, con temperatura promedio del cuarto de incubación de 26°C y humedad ambiental de 61 a 70%.

Martínez *et al.*, (2012) mencionaron que el cultivo de *Pleurotus ostreatus* en el valle de del fuerte de Sinaloa: una alternativa de aprovechamiento de residuos agrícolas. Como residuos se usaron maíz, trigo y frijol. Ante ello se evaluó el efecto que tienen las condiciones ambientales en el cultivo de setas. Para esto se repitió en tres diferentes épocas del año (verano, invierno y primavera). Para determinar las condiciones del medio ambiente, temperatura y humedad relativa se matuvo arriba de los 80°C aplicando riegos con aspersores manuales y con cartones en el piso de la sala de fructificación. En cuanto a la luz se cubrió con plástico negro y colocando una lámpara de 50 watts; los valores registrados de luminosidad no superaron los 100 lux. Para la temperatura se instaló un sistema de enfriamiento de aire a temperatura controlada que no excediera de 30°C. En primavera durante marzo y abril del 2011 sin el sistema de enfriamiento, la temperatura se mantuvo entre 18°C y 26°C temperatura apta para el cultivo de los hongos *Pleurotus ostreatus*. Estas especies pueden soportar 40°C durante 24 horas, pero no 72 h, y después reiniciar su crecimiento.

Vargas-Mosquera *et al.*, (2012) estudiaron el uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *P. ostreatus* dentro de la cual, realizaron análisis proximal en base seca para hojarasca de roble y los contenidos de cenizas inicial de 2.37% y final 24.93%, extracto etéreo inicial 1.42% y final 2.73%, fibra bruta inicial 40.02% y final 37.52%, proteína bruta (6.25) se obtuvo inicial 9.2% y final 13.12%, nitrógeno inicial 1.47% y final 2.09%. Lo que significa que el alto contenido de fibra bruta es la principal fuente de carbono necesaria para los procesos metabólicos y para formar las estructuras celulares, lo que explica la tardanza en la incubación en el residuo por la presencia de lignina que actúa como compactante impidiendo la colonización completa.

Vallejo-Díaz *et al.*, (2017) analizaron la calidad alimenticia del hongo *P. ostreatus* fresco y deshidratado cultivado en tres residuos agrícolas. La investigación consistió en analizar la calidad microbiológica, fisicoquímica y organoléptica del hongo *P. ostreatus* fresco y deshidratado cultivado en residuo de cascara de cacahuate (*Cajanus cajan*), residuo de cascara de frijol cuarentón (*Phaseolus vulgaris*) y pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*). Los análisis se realizaron en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Técnica Equinoccial. Los resultados siguientes del hongo *P. ostreatus* fresco T2 (cascara de frijol cuarentón) presentó 85.7% de humedad más alto que el T1 (residuo a base de pseudotallo de plátano), en ceniza T2 deshidratado presentó el más alto 9.26%, en grasa T2 deshidratado obtuvo mayor porcentaje 4.06% y fibra T1 deshidratado con 10.52% y T2 deshidratado 10.32% y por tanto T3 (residuo de cascara de cacahuate) obtuvo el menor contenido proximal. Los hongos setas poseen un alto contenido de humedad entre 87% y 93%. Llegando a una conclusión que las características fisicoquímicas del hongo *P. ostreatus* cuando se utiliza diferentes residuos provoca una variación entre tratamientos en la composición nutricional especialmente en el contenido de humedad, materia seca, ceniza y pH.

Descripción de basidiomicetos

Los hongos basidiomicetos generalmente presentan cuerpos fructíferos macroscópicos, cuya forma varía de acuerdo a la especie en cuestión, entre los que es posible encontrar formas como repisas semicirculares, resupinados, claviformes, ramificados, uniformes, cerebriformes, infundibuliformes y globosos. Reciben su nombre de las esporas producidas por los basidios, conocidas como basidiosporas, encontrándose generalmente cuatro de éstas en el caso de los basidiomicetos superiores. Los basidiomicetos poseen la capacidad de descomponer material orgánico rico en compuestos parietales (celulosa, hemicelulosa y lignina) a través de procesos

metabólicos, en los que segregan enzimas proteolíticas para su nutrición, degradan de manera eficiente moléculas de lignina, razón por la que son llamados hongos de la pudrición blanca (Nevares, 2012).

Clasificación taxonómica de *P. ostreatus*

La taxonomía del género debido a que es muy compleja se tiene un alto grado de variabilidad morfológica de los basidiocarpos, puesto que es atribuido principalmente a diversos factores ambientales. Debido a esta situación, una sola especie suele ser identificada bajo diferentes nombres. La falta de entendimiento taxonómico de las especies cultivadas de *Pleurotus* hace que sea difícil la aplicación de la tecnología de mejoramiento genético y de cultivo en dichas especies. Existen más de 1,000 especies de *Pleurotus* que han sido descritas alrededor del mundo. Sin embargo, aproximadamente 50 especies son reconocidas como *Pleurotus*. En México más de 20 especies son reportadas, pero solo 7 de ellas son válidas puesto que las demás se consideran sinónimos (Vogel y Salmones *et al.*, 2000).

Reino: *Fungi*

División: *Basidiomycota*

Subdivisión: *Basidiomycotina*

Clase: *Basidiomycete*

Subclase: *Agaricomycetidae*

Orden: *Agaricales*

Familia: *Pleurotaceae*

Género: *Pleurotus*

Especie: *ostreatus* Jacq. (Carvajal *et al.*, 2010).

Ciclo de vida del hongo *P. ostreatus*

El ciclo de vida del hongo la cual inicia cuando las basidiosporas son liberadas, éstas germinan y dan origen a un micelio monocigóticos (también llamado primario u homocariótico), que al encontrarse con otro micelio compatible ocurre la plasmogamia o fusión de dos micelios monocariones compatibles, para dar origen a un micelio dicarion (llamado también secundario o heterocariótico), con dos núcleos haploides sexualmente compatibles Pérez *et al.*, (2002). Bajo condiciones ambientales óptimas, el dicarion produce el primordio; posteriormente se desarrolla

el cuerpo fructífero para formar el píleo, el estípite y el himenio el cual está formado por las láminas. En el himenio se lleva a cabo la cariogamia y la meiosis para la formación de los basidios y las basidiosporas y cuando estas son liberadas y encuentran las condiciones adecuadas para su germinación, el ciclo de vida se reinicia, Figura 1.

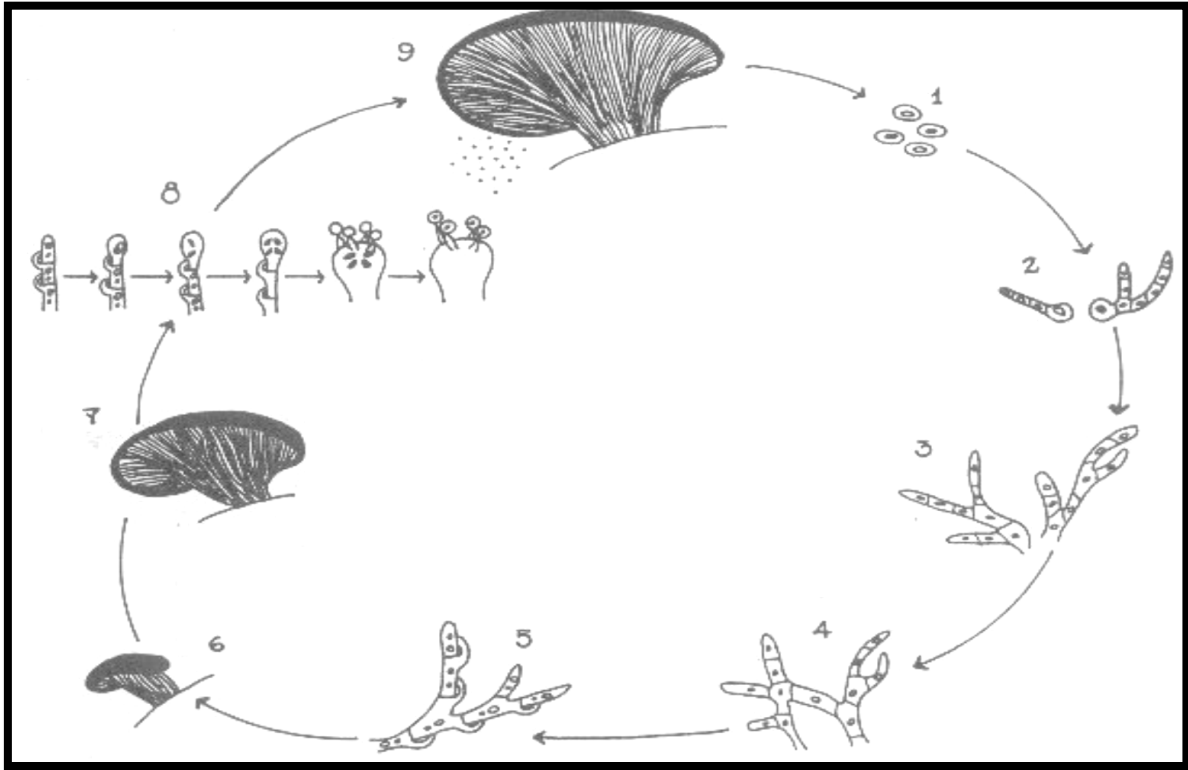


Figura 1. Ciclo de vida de *Pleurotus ostreatus*. (Pérez *et al.*, 2002).

1. Basidiosporas, 2. Germinación de basidiosporas, 3. Micelio monocarión, 4. Plasmogamia 5. Dicarión, 6 y 7. Cuerpo fructífero, 8. Cariogamia - meiosis y 9. Liberación de basidiosporas.

Características morfológicas de *P. ostreatus*

Los hongos pertenecen al reino *Fungi*, conforman un enorme grupo independiente al de las plantas y el de los animales. Los hongos son heterótrofos, y estos poseen células eucarióticas los cuales carecen de clorofila, tejidos de conducción y son portadores de esporas. Por lo general todos los hongos están compuestos por sombrero (píleo), láminas (himenio) pie (estípite), esporadas y esporas. Así mismo menciona a continuación las partes que al hongo *P. ostreatus* son nueve (Rojas *et al.*, 2004).

El carpóforo o sombrerillo

Es redondeado, con la superficie lisa, abombada y convexa cuando es joven, aplanándose luego poco a poco; el borde está algo enrollado al principio. El diámetro oscila entre 5 y 15 cm, dependiendo de la edad del hongo. El color es variable, desde gris claro o gris pizarra hasta pardo, tomando una coloración más amarillenta conforme se desarrolla.

Estípite

Este suele ser corto, algo lateral u oblicuo, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base. Pueden crecer de forma aislada sobre una superficie horizontal o en grupo formando repisas laterales superpuestas sobre un costado de los árboles.

Las estructuras que forman el himenio

Las láminas (su forma, su tamaño, su densidad, la unión con el estípite), la presencia de dientes o poros.

El anillo

Es un velo parcialmente cerrado que protege las láminas, adherido al pie de la seta, algunos hongos pueden no tenerlo, Figura 2.

Borde

Es una de las partes del sombrerillo y se encuentra enrollado al principio. Con diámetro que oscila entre 5 y 15 cm.

Laminillas

Estas tienen la característica de ser como varillas de un paraguas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene, hasta el borde. Son anchas, espaciadas una de otras, blancas o crema, a veces bifurcadas, y en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie.

Esporas

Son pequeñas casi cilíndricas de 8-11 x 3-4/ μm , que en gran número forman masas de polvo o esporadas, de color blanco con cierto tono lila-grisáceo.

Esporadas

La esporada se consigue fácilmente colocando un sombrero (sin pie) en su posición normal sobre un papel oscuro, durante unas horas.

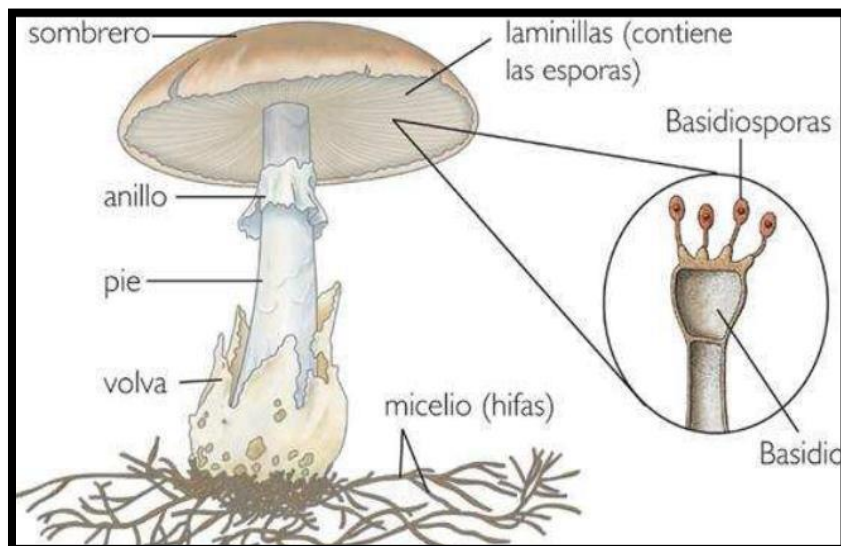


Figura 2. Partes básicas de una seta (Aguinaga *et al.*, 2012)

Ciclo reproductivo de *Pleurotus ostreatus*

Los hongos comestibles del género *P. ostreatus* son organismos que utilizan selectivamente la lignina para su crecimiento durante su ciclo de reproducción. Ante ello *P. ostreatus* inicia su reproducción cuando está maduro y este libera sus esporas. Esto lo hace en condiciones de humedad y temperaturas aptas; las cuales germinan, dando origen a una hifa la cual crecerá para formar el micelio y a partir de ello se forma una seta. El ciclo se termina cuando el fruto está maduro liberando nuevamente las esporas para después iniciar su descomposición o muerte celular. El periodo reproductivo puede durar de 7 a 8 meses en condiciones óptimas (Jamangapé *et al.*, 2018).

Características ambientales para el desarrollo de *P. ostreatus*

El hongo *P. ostreatus* es de ambiente natural, crece en el suelo, troncos o sobre desechos agrícolas o agroindustriales, que están constituidos principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina en porcentaje de 40-60, 15-50 y 10-30 respectivamente, alimentándose de estos nutrientes y degradándolos, y donde las condiciones ambientales sean húmedas y frías (Calderón *et al.*, 2009).

La temperatura afecta el metabolismo de las células. Influyendo en la capacidad enzimática del organismo y la fluidez de los lípidos de la membrana celular. *P. ostreatus* crece en un rango entre 0 y 32°C con temperaturas óptimas de 26-28°. También pueden soportar 35°C durante 24 horas, pero no 72 h y después reiniciar su crecimiento (Muñoz *et al.*, 2017).

Nutrientes necesarios para el crecimiento de *P. ostreatus*

Martínez *et al.*, (2012) indican que *P. ostreatus* para su crecimiento y reproducción requiere de:

Carbono

El carbono es necesario para los hongos porque es la fuente directa de energía para su metabolismo; así mismo, es necesario para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares. Dada la importancia que tiene para la vida de la célula, este elemento es el que requiere en mayores cantidades. El carbono puede ser utilizado por el hongo a partir de diferentes fuentes como polímeros, carbohidratos, lípidos, entre otros.

Polímeros

La mayoría de los basidiomicetos son considerados “degradadores de madera” porque son capaces de crecer sobre la biomasa proveniente de las plantas leñosas. Las especies de *Pleurotus* son consideradas de pudrición blanca porque son capaces de degradar materiales ricos en lignina, celulosa y hemicelulosa.

Azúcares

Los carbohidratos se encuentran entre las fuentes de carbono preferidas por las especies de *Pleurotus* spp; la glucosa, manosa y la galactosa son buenos sustratos para esta especie, mientras que la xilosa y la arabinosa producen un crecimiento.

Lípidos

La adición de aceites vegetales tiene un efecto benéfico para el crecimiento micelial de *P. sapidus*, *P. ostreatus* y los productores de la hidrólisis de aceites deprimen el crecimiento, pero la adición de triglicéridos y metil ésteres de ácidos grasos generalmente promueven el crecimiento. El incremento en el crecimiento aumenta conforme aumenta el número de carbonos en los ácidos grasos C4-C14 y disminuye ligeramente entre C14 y C18. Al utilizar ácidos C18, el crecimiento aumenta con el grado de insaturación, siendo el ácido linoléico el mejor ácido de este grupo.

Nitrógeno

Los residuos sobre los que suelen fructificar las especies de *Pleurotus* pueden contener valores bajos de nitrógeno por lo que se ha llegado a pensar que este género es capaz de fijar nitrógeno atmosférico. Sin que esto haya sido demostrado, si es notorio que la concentración en nitrógeno en el cuerpo fructífero en algunos casos es mayor que la de los residuos sobre el cual crece. Las especies de *Pleurotus* tienen la capacidad de crecer sobre fuentes inorgánicas de nitrógeno, como el nitrato de potasio o la urea, aunque se observa que prefieren las fuentes orgánicas para su crecimiento óptimo.

Minerales

Los hongos son capaces de crecer en ausencia de calcio y que este mineral es requerido en mayores cantidades por sus efectos protectores y antagonistas con respecto de otros minerales como K o Mg, Tabla 1.

Tabla 1. Contenido nutricional de los principales hongos comestibles.

Minerales mg/100 g	<i>P. ostreatus</i>	<i>Agaricus bisporum</i>	<i>Volvariella displasia</i>	<i>Lentinus edodes</i>
Calcio	33.0	23.0	58.0	118
Fósforo	1.34	1.42	1.04	6.50
Potasio	3.79	4.76	3.33	1.24
Hierro	15.0	186	177	30.0

Los hongos generalmente tienen un contenido nutricional con un alto porcentaje en minerales, así como el calcio, fósforo, potasio y hierro. Ante esto la tabla anterior resalta que el mejor porcentaje de calcio y fósforo lo tiene el hongo *Lentinus edodes* con 118 mg, en el caso del potasio y hierro *Agaricus bisporum* con 4.76 mg.

Vitaminas

P. ostreatus requiere tiamina para su crecimiento en una concentración óptima de 100 mg/L y que cuando tal vitamina está presente, ninguna otra es necesaria.

El residuo de banano en el desarrollo de *P. ostreatus*

El nombre científico del banano es *M. paradisiaca* perteneciente a la familia *Musaceae* y género *Musa* es una especie frutal, la cual puede tener entre 80 a 120 g de peso. Este fruto se caracteriza por ser de forma curvilínea, color amarillo, sabor dulce, textura dura. Nutricionalmente es considerado un alimento altamente energético, con hidratos de carbono fácilmente asimilables, pero pobre en proteínas y lípidos. Esta planta se reconoce por ser monocotiledónea, a lo que al germinar la semilla se produce en ella un solo cotiledón. La planta es herbácea y se desarrollan por lo general de siete a nueve hojas grandes y bien desarrolladas antes de que la inflorescencia y el tallo comiencen a crecer. Las hojas son enormes, alargadas y ovales, con nervios abundantes y paralelos, es decir, casi en ángulo recto con el nervio central. Mucho antes de que aparezca la inflorescencia van muriendo sucesivamente las hojas más viejas. Los pecíolos se secan y se doblan y la hoja encogida cuelga hacia abajo ocultando a menudo el pseudotallo. Algunos campesinos estiman que las hojas secas prestan protección y sombra al falso tallo o pseudotallo (Valenzuela *et al.*, 2012).

En México se obtienen subproductos del proceso industrial del plátano, la cáscara es uno de ellos; la cual representa aproximadamente el 30% del peso del fruto; las aplicaciones potenciales para la cáscara de plátano dependen de su composición química. La cáscara de plátano es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio; entre los esfuerzos para utilizar la cáscara se han obtenido proteínas, metanol, etanol, pectinas y enzimas. Entre otros usos se ha obtenido carbón vegetal, una fuente de combustible alterna para cocinar (Gómez *et al.*, 2014).

La fibra de palma africana

La palma de aceite es una planta tropical de climas cálidos la cual crece en tierras por debajo de los 500 msnm¹. Es originaria del golfo de Guinea occidental. Velázquez y Gómez *et al.*, (2010) indicaron que su cultivo es de gran importancia económica, provee la mayor cantidad de aceite de palma y sus derivados a nivel mundial de acuerdo con las actuales plantaciones a gran escala tiene por objetivo central la extracción del aceite de palma a partir de la parte carnosa de su fruto y del aceite de palmiste obtenido de la semilla. El desarrollo del fruto a lo que redacta que es un período comprendido desde la floración hasta la maduración de los frutos varía de 5 a 6 meses.

¹Metros sobre el nivel del mar

Los racimos se encuentran en las axilas de las hojas más bajas, con un peso que oscila entre los 10 y 90 kg; el porcentaje del peso de los frutos por racimo va de 60 a 65% aunque a veces es más bajo. El fruto es una drupa de forma casi esférica, ovoide o alongada, de 2 a 5 cm de largo y de 3 a 30 g de peso (Silva *et al.*, 2009).

Los frutos de la palma aceitera son carnosos y forman un racimo. Estos racimos son cultivados y llevados a las extractoras de aceite donde después de varios procesos físicos y químicos se logra extraer el aceite. Algunos de los subproductos generados en el proceso son utilizados como fuente de extracción de un aceite más fino, el aceite de palmiste.

El palmiste es la semilla extraída del fruto de palma, conocida como almendra, esta es triturada para extraer el aceite de palmiste, quedando así un residuo sólido conocido como cascarilla o cuesco. El cuesco posee una alta resistencia mecánica, dureza, de bajo peso y puede usarse como combustible en las calderas. Al raquis como el racimo que sostiene a los frutos, de gran contenido de humedad y con residuos de aceite propio de los frutos, posee una estructura dura e impenetrable, difícil de cortar. Tiene un gran tamaño y un tronco sólido para soportar el gran peso debido a la cantidad de frutos (Gaona *et al.*, 2014).

Durante todo el proceso de la extracción de aceite de palma se va acumulando demasiada fibra lo cual, una parte es utilizada en la caldera como combustible para el mismo proceso y el resto de la fibra es contaminante para el medio ambiente, tierra, aire, suelo por motivo que poco a poco va quedando residuos sin utilizar y esto genera mosquitos y malos olores, Figura 3.



Figura 3. Fibra residual de la extracción de aceite de palma africana.

La Extractora de Aceite de Palma (PAPSA S.A) indica que la acumulación de residuos es evidente y se clasifican de la siguiente forma, Tabla 2.

Tabla 2. Residuos obtenidos de la extracción de aceite de palma en PAPSA S.A.

Parámetro	Cantidad
Superficie de producción de fruta de palma	4000 ha
Cantidad de fruta de palma procesada	16 t/año/ha
Cantidad de nuez procesada	55 t/día
Contenido de aceite por tonelada de fruta	16%
Porcentaje de raquis en la cantidad despachada (fruta de palma)	22%
Porcentaje de cascarilla presente en la nuez	60%

Fuente: Aguilar-Pérez, Audiel (gerente general de PAPSA S. A.)

Aserrín de roble

Los árboles son utilizados como madera para muebles y a lo cual se genera aserrín y ese mezclado con varias materias primas que se complementan entre sí, ha sido utilizado en cultivos de hongos comestibles como sustrato para el crecimiento y producción de *P. ostreatus* por lo que fácilmente se puede utilizar este aserrín como fuente de carbono para su crecimiento y producción (Hernández y López *et al.*, 2012).

Los principales constituyentes de la madera son la celulosa que representa poco más del 50% de la madera la cual está organizada en filamentos microfibrilares, hemicelulosa por lo que varía de 20 a 35%; no tiene una organización fibrilar, la lignina representa del 15 al 35% de la madera; protege los polisacáridos de las paredes celulares de la hidrólisis microbiana, excepto en el caso de microorganismos como los basidiomicetes y ascomicetes que pueden modificar o degradar lignina; siendo las tres primeras las principales fuentes de carbono y componentes estructurales (Pérez *et al.*, 2002).

Composición nutricional de los residuos agroindustriales

El Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF, 2005) dice que los bananos son reconocidos por tener un alto contenido en carbohidratos, potasio y fósforo. Así mismo Silva *et al.*, (2009) mencionan que, los residuos de palma africana son altos en contenido en grasa cruda seguido de fibra cruda, Tabla 3.

Tabla 3. Composición nutricional de residuos agroindustriales.

Contenido en (%)	Hojas de banano	Fibra de palma africana	Aserrín de Roble
Humedad	26.40	11.0	ND
Proteína bruta	2.40	6.00	1.47
Grasa cruda	1.10	27.15	9.30
Fibra cruda	1.20	6.00	2.70
Cenizas totales	1.00	4.55	ND

*ND= no determinado.

Fuente: (Hernández-Mieres *et al.*, 2005; Hernández-López *et al.*, 2012).

Factores que afectan el crecimiento y fructificación de *P. ostreatus*

Desde siempre en todo cultivo la afectación de que una planta no crezca o se reproduzca es debido a muchos factores como los que se mencionan a continuación.

El pH

En el crecimiento del hongo *Pleurotus* se han citado rangos de crecimiento entre cuatro y siete de pH. Con un óptimo de entre cinco y seis. Del mismo modo, los sustratos ácidos con pH de 4 inhiben el desarrollo de *P. ostreatus*. Puesto que la mayoría de los contaminantes encontrados en el proceso de cultivo son más sensibles a los valores más elevados que los señalados como

óptimos (Sánchez-Royce *et al.*, 2001). La presencia de *Trichoderma hamatum* reduce su crecimiento y se inhibe el crecimiento en pH de 8.5.

La temperatura

La temperatura es un factor vital para el cultivo de *Pleurotus*. En general, muchas especies son cultivadas en un rango de 20 a 30°C. Por lo que son llamados hongos subtropicales (Sánchez, V. *et al.*, 2001). *Pleurotus* es un género de hongo cuyo micelio puede crecer en un rango amplio de temperaturas y las especies *ostreatus*, pueden crecer en un rango entre 0 y 35°C con temperaturas óptimas de 30°C. El mismo autor demostró que estas especies podían soportar 40°C durante 24 horas, pero no 72 horas, y después reiniciar su crecimiento. Por regla general, las temperaturas óptimas para fructificación de las especies de *Pleurotus* son ligeramente inferiores que las temperaturas óptimas para crecimiento micelial (Martínez *et al.*, 2012).

La temperatura influye tanto en la capacidad enzimática del organismo, como en la fluidez de los lípidos de la membrana celular. La susceptibilidad a la temperatura no solo varía entre cepas sino también para una misma cepa según su etapa de desarrollo. Así, es posible y aun frecuente que un hongo tenga una temperatura óptima de germinación y que ésta sea diferente de su temperatura óptima de crecimiento micelial o de su temperatura óptima de fructificación (Romero-Rodríguez *et al.*, 2000).

Humedad en el residuo

El contenido de humedad en el residuo es muy importante porque no solo afecta la disponibilidad de nutrientes en el residuo, sino también la disponibilidad de oxígeno. En efecto, el agua ocupa espacios que pueden ser ocupados por el aire. Así, los contenidos de humedad inferiores al 50% no serán propicias y una humedad superior al 80% tendrá un efecto negativo en el crecimiento de *P. ostreatus* (Martínez *et al.*, 2012).

Aireación

El oxígeno es un elemento de gran importancia para el crecimiento de los basidiomicetos porque son organismos aerobios. Estos organismos presentan requerimientos de oxígeno diferentes según el estado fisiológico en que se encuentren. Para el caso de *Pleurotus spp* se ha notado que la concentración alta en CO₂ estimula la germinación de las esporas y el crecimiento micelial, pero inhibe la fructificación, esta suele darse en condiciones normales cuando se tienen 20% de O₂,

pero superior a 40% lo inhiben y con la adecuada concentración de CO₂ no mayor de 800 ppm en el ambiente que circula al hongo (Martínez *et al.*, 2012).

Luz

El hongo no puede fructificar en oscuridad continua. La luz controla la elongación del tallo y la formación de “carpóforos”. La cantidad ideal varía de acuerdo a la especie, pero en general, una luz filtrada y tenue es considerada la más adecuada. Para la mayoría de las especies, un nivel de intensidad de 50 a 1000 lux, se consideran estimulante en la formación de primordios. Una exposición directa o de alta intensidad es considerada dañina, pero una total ausencia de esta provocaría la mal formación de los primordios en estructuras tipo coral (Arrúa *et al.*, 2007).

Factores generales que intervienen en el cultivo de *P. ostreatus*

Los hongos, mohos, bacterias y levaduras de mayor importancia son hongos como *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* *Neurospora*, *Mycogone*, *Coprinus*, entre otros. Estos aparecen en forma de manchas verdes, amarillentas, negras o anaranjadas sobre el residuo, invadiéndolo de forma rápida y evitando el crecimiento micelial de las setas. Su presencia se ve favorecida por la alta humedad en el ambiente y en el residuo, así como por alta temperatura, luz directa y substrato mal pasteurizado, entre otros (Gaitán-Mata *et al.*, 2006).

Plagas

Las plagas son constituidas principalmente por insectos que atacan a los cultivos tanto en incubación como en el área de producción, atraídos por el olor del residuo, estos insectos son de las llamadas “moscas de los hongos” como los dípteros del género *Lycoriella* que ponen sus huevecillos en el residuo donde en un principio se alimentan del micelio del hongo y después de la fructificación adulto. Otros insectos comunes en los cultivos de setas son las llamadas “catarinas” son pequeños escarabajos de los géneros *Mycotretus* y *Pseudyschirus* que se comen los hongos en desarrollo (Gaitán-Mata *et al.*, 2006).

Enfermedades

Las enfermedades que afectan la fructificación son causadas posiblemente por bacterias y virus. Estos tienen la capacidad de propagarse rápidamente a través del agua, de insectos o utensilios sucios, por lo que su tratamiento y control es realmente difícil. Las enfermedades se favorecen con la humedad excesiva, el calor y una escasa ventilación, provocando que, en los púleos de los

hongos, aparezcan zonas de color amarillo, anaranjado o café, que se pudren con rapidez y despiden un mal olor, afectando los rendimientos de producción. Las principales bacterias *Pseudomonas* causan estas manchas en la fructificación (Gaitán-Mata *et al.*, 2006).

Biológicos

Dentro de los factores biológicos se incluye el efecto de microorganismos. Los cuerpos fructíferos son consumidos por diferentes tipos de animales, pueden ser gusanos o mamíferos. El residuo que se encuentra fresco podría ser atacado por hormigas, ardillas, entre otros. Por lo anterior es conveniente evitar su presencia en el área de incubación y fructificación.

Diámetro y altura en los hongos

Dentro del desarrollo de los hongos, que medir el diámetro de los carpóforos producidos por bolsa no es tan relevante como el peso fresco, ya que lo importante de un residuo es el rendimiento y la producción en cuanto al peso fresco que pueda generar. Aun así, es necesario observar el tamaño y forma de los carpóforos para saber el desarrollo de hongos sobre ciertos tipos de residuos que puede llegar a generar deformaciones del carpóforo, sin embargo, el tamaño de los carpóforos en todos los residuos debe ser aproximadamente de cinco a seis cm (Hernández *et al.*, 2007).

Sistemas de cultivos en las setas

La realización de cultivos por diferentes técnicas hoy es posible, el método es sembrar el micelio sobre un residuo húmedo, leñoso, rico en celulosa, a lo cual se le aplica un tratamiento térmico puede ser la pasteurización o fermentación; estos posteriormente se incuban manteniéndolo envuelto en plástico; luego se coloca en sitios húmedos y frescos, hasta que se dé el desarrollo de los carpóforos (fructificación) y por último pasa por la etapa de cosecha (Aguilar *et al.*, 2003).

Existen dos tipos de técnicas muy comunes para desarrollar la producción de hongos comestibles; el cultivo de las setas se puede desarrollar por sistemas de producción tradicional o rústica y sistemas de producción industrial.

Sistema de producción tradicional o rústica

El sistema de producción tradicional es el más conocido y que comúnmente se lleva a cabo en la mayoría de las comunidades tanto urbanas como rurales. Este sistema de producción ha sido el más práctico debido a que presenta las siguientes ventajas (Aguilar *et al.*, 2003).

- Requiere de baja inversión y poco espacio.
- Es una alternativa de producción diversificada y de autoconsumo en zonas de bajos recursos.
- Permite el aprovechamiento de los residuos agroindustriales que se producen en la zona Soconusco Chiapas.

Puesto que existen factores que han conducido a que los productores cesen sus cultivos de setas, por lo que a pesar de las ventajas que presenta existen limitantes a todo esto:

- La limitación de personal capacitado en el área. Cada productor realiza todos los procesos de producción y supervisión, lo cual debido a que es información de tipo técnica provoca que las etapas de desarrollo se aprendan al estilo de prueba y error, sin tener una adecuada capacitación.
- La cantidad obtenida de carpóforos es limitada. Puesto que con el sistema utilizado no se puede sembrar más de 40 bolsas al día.
- La adaptación y carencia de las instalaciones del control para la producción. El control de las temperaturas es un problema por lo que es de manera natural.

El método de cultivo de manera tradicional consta de la manera siguiente:

Picado del residuo

Los residuos se fragmentan en porciones de 2 a 5 cm de longitud, son los valores más citados y los que proporcionan la mejor estabilidad (Romero *et al.*, 2013).

Humectación

Durante uno o dos días, las pajas picadas humedecerlas mediante sistemas de riego por aspersión humedeciendo las paredes y piso. La humedad de paja deberá ser del 70-80% (Montes *et al.*, 2012).

Pasteurización

Antes de ser cultivado el hongo comestible *Pleurotus ostreatus* se realiza la pasteurización con la finalidad es eliminar impurezas como polvo, restos de sustratos, ácaros, insectos, bacterias, micelios de otros hongos no deseados, entre otros (Sánchez-Royce *et al.*, 2001).

En resumen, se enjuaga, humecta y acondiciona el residuo, se corta en trozos. Los residuos se remojan en una tina con agua a cierta temperatura; se acomoda en un tambo con capacidad para 250 L dependiendo de la cantidad de residuo a utilizar.

Conforme se va acomodando, se le va agregando cal, de la que se utiliza en la construcción, en pequeñas cantidades, 600 g total, después de infinidad de cultivos se ha encontrado que es la cantidad óptima, de forma homogénea para que el pH sea de entre 6.5 a 7 aproximadamente, que es el rango ideal en estos cultivos. Además, con la cal se lleva a cabo el proceso de nixtamalización, que consiste en agregar carbonatos de calcio y magnesio entre otros, al residuo en el cual se va a cultivar para enriquecerlo y pueda rendir más, esto se verá reflejado en las propiedades alimenticias del hongo (Montes *et al.*, 2012).

Una vez acomodado el residuo en el tambo, con el agua al ras, se procede a aplicarle temperatura por medio de un quemador de gas hasta que supere los 72°C, aunque otros autores mencionan que debería de ser de 80 a 90°C que es la temperatura de pasteurización. Esta temperatura la alcanza en 2 horas aproximadamente a fuego regular. Después de este tiempo se deja reposar el cocimiento por espacio de 15 min para asegurarse de que la pasteurización sea más efectiva (Montes *et al.*, 2012).

Recipiente para el residuo

Se recomienda el uso de bolsas de material polietileno con perforaciones de manera que solo el 2% de la superficie de la bolsa quede expuesto al aire. Lo que evita la deshidratación del residuo y conduce a la formación de carpóforos grandes (Carvajal *et al.*, 2010).

Siembra e inoculación

Los residuos una vez que se inoculan con el micelio del hongo previamente hidratados y esterilizados. La siembra se hace en bolsas plásticas, las cuales se perforan para promover una condición de semi-anaerobiosis requerida en la fase inicial de invasión del micelio, y los tratamientos se incuban a 25°C con baja luminosidad inferior a 100 lux. Una vez producida la invasión total del micelio en los sustratos de 25 a 30 días, las bolsas se dejan a temperatura ambiente a 15°C aproximadamente y luminosidad normal de 200 lux durante 12 días; de este modo se consiguió estimular la brotación del hongo exponiendo los residuos a un golpe de frío. Dado que esta fase es aeróbica, se retiran las bolsas plásticas, lo que permite mantener la forma

inicial del recipiente conformando una torre. Los residuos se regaron con agua periódicamente para mantener una humedad cercana a 70% (Varnero-Quiroz *et al.*, 2010).

Incubación

Las bolsas ya encubadas son colocadas en cuartos o naves especiales y oscuras donde se cuida la temperatura interna de las bolsas que estas no sean superiores a los 35°C. Con un periodo de tiempo de 15 a 20 días, hasta que aparezcan los primordios de los hongos. Durante este periodo de tiempo la semilla del hongo se desarrolla invadiendo el residuo poco a poco, tornándose de color blanquecino, hasta que todo el residuo termina completamente blanco, e inicia la formación de los primordios de los hongos, siendo estos el lugar donde saldrán las setas. Este es el momento preciso en el cual deberán de pasarse al área de fructificación (Escobedo *et al.*, 2000).

Fructificación

En la fase de inducción las bolsas han terminado su periodo de incubación y se encuentran totalmente invadidas por el hongo seta y se trasladan a un lugar fresco por lo que; la aparición de primordios de cuerpos fructíferos requiere del manejo adecuado de los factores ambientales; la temperatura va de los 18 a los 23°C, la humedad del aire debe ser del 80% al 95%, se proporciona iluminación de 8 a 12 hrs (Montes *et al.*, 2012). Si existe un exceso de humedad, se debe ventilar el sitio y si sucede lo contrario, se puede regar el piso y las paredes de dos a tres veces al día (Carvajal *et al.*, 2010).

Producción

Después de estar en periodo de tiempo de 7 a 10 días en el área de fructificación, el hongo (el píleo o sombrero) se ha desarrollado completamente existiendo racimos de hongos u hongos en forma individual; en ambos casos el sombrero debe de estar lo más plano posible para proceder a cosechar, si el sombrero tiene una posición convexa; el tiempo de cosecha se está pasando. Para la realización de la cosecha lo más conveniente es utilizar un cuchillo filoso y cortar el hongo lo más cerca posible del residuo en uso, para evitar tejido susceptible de pudrirse y contaminar toda el área de fructificación. Después de la formación y del crecimiento de los carpóforos. Hay un punto muy importante la cual es la humedad mantenerla y la temperatura ambiental debe ser regulada de 20 a 26°C, Tabla 4. Los tiempos de producción varían de acuerdo a las condiciones en las que se emplean (Escobedo *et al.*, 2000).

Tabla 4. Periodos de tiempo aptos en las tres etapas de producción de *P. ostreatus* en diferentes épocas del año.

Etapa de producción	Días transcurridos etapa			Tiempo reportado (Días)
	Invierno	Primavera	Verano	
Obtención del inóculo	11 a 14	10 a 14	11 a 15	10 a 15
Obtención del soporte	20 a 25	20 a 24	22 a 28	21 a 28
Obtención de setas	5 a 8	5 a 8	4 a 7	9 a 11

Fuente: Martínez *et al.*, (2012).

Cosecha

Los días del 25 al día 40 son para la primera etapa, dependiendo de las condiciones climáticas, cuando los frutos han alcanzado la madurez fisiológica que se caracteriza por un diámetro de 10 cm y con un peso variable de 50 a 80 gramos. Estos son cortados con cuchilla limpia, desinfectada y bien afilada, dejando los hongos más pequeños para el siguiente corte que se realiza 5 a 10 días (Pérez *et al.*, 2002). Debe tenerse mucho cuidado de no “arrancar” o dañar los hongos que queden en el “pastel”, para evitar que se deshidraten; el número de cortes puede variar dependiendo de la producción que se obtenga (Cruz-López *et al.*, 2010).

HIPÓTESIS

El análisis proximal de los residuos agroindustriales de banano, fibra de palma africana, aserrín de roble y las condiciones ambientales de la región Acapetahua Chiapas permiten el crecimiento del hongo comestible *P. ostreatus*.

METODOLOGÍA

Diseño de la investigación

El presente trabajo fue bajo el enfoque del paradigma de la investigación cuantitativa por lo que se usó la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico descriptivo para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Hernández-Sampieri, 2010). La investigación descriptiva comprende la descripción, registro e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos (Tamayo-Tamayo, 2003). En la investigación se caracterizaron tres residuos agroindustriales: banano (sólo el banano), fibra de palma africana y aserrín de roble en donde se determinó (el contenido de humedad, cenizas totales, lípido, proteína cruda y fibra cruda), se analizaron los factores ambientales como son temperatura y humedad ambiental y del residuo en el crecimiento del hongo y se determinó el crecimiento de *P. ostreatus*; la altura de tallo y diámetro del estipe.

Población

La bananera Mari Carmen La Pampita, la extractora de aceite PAPSA S.A. y la carpintería Acapetahua generadores de residuos agroindustriales. Las cantidades de residuos lignocelulósicos es de 876,400 kg/día, 121 t/día y 1.14 t/día respectivamente, se recolectaron 5 kg de cada uno de los residuos para el desarrollo de la investigación posteriormente se transportó a la UNICACH subsede Acapetahua. La investigación se realizó entre los meses de diciembre de 2015 a mayo de 2016, los sitios en los que se recolectaron los residuos utilizados fueron: Bananera Mari Carmen Las Pampitas en la colonia Soconusco municipio de Acapetahua, Chiapas 15°17'54.993 LN, la Extractora de Aceite PAPSA S.A en el municipio de Villa Comaltitlán, Chiapas con ubicación geográfica de 15° 14' 190 LN y 92° 35' 206 LO; y 92°43'7.04 LO y el aserrín de roble 15°17'9.4524 LN y 92°41'11.238 LO en el municipio de Acapetahua Chiapas, el

experimento se realizó en la UNICACH, Figura 4.



Figura 4. Sitio donde se obtuvieron los residuos agroindustriales (Google Earth, 2015).

Muestra

En la caracterización de los residuos se utilizó la cantidad de 100 g de cada uno de los residuos debido a que cada uno de los análisis se realizó por triplicado. En la evaluación de las condiciones ambientales en el desarrollo se evaluó la temperatura y humedad ambiental y del residuo. Para medir el crecimiento de los hongos se utilizaron cuatro tratamientos: el primero fue residuo de banano, segunda fibra de palma de aceite, tercero aserrín de roble y el cuarto se mezclaron los tres tipos de residuos agroindustriales. Por cada tratamiento con sus respectivas repeticiones se usaron 500 g de residuos y 10 g de cepa.

Muestreo

La investigación se realizó en dos fechas del 20 al 26 de diciembre de 2015 y del 15 de enero al 13 de febrero de 2016.

Variables

En la caracterización de los tres tipos de residuos agroindustriales, se evaluó el contenido de humedad, cenizas totales, lípidos, proteína cruda y fibra cruda.

En el análisis de los factores ambientales en el crecimiento del hongo la temperatura ambiental se midió con un termómetro de mercurio, de igual forma para la temperatura del interior de los residuos agroindustriales se introducía el termómetro de mercurio a las bolsas con muestra.

Para el diámetro alcanzado del pıleo se cortaba con ayuda de una navaja y se midi3 con ayuda de un vernier. En cuanto a la humedad de los residuos se tomaron muestras de cada tratamiento antes de la siembra. Despu3 que se anot3 el peso de la capsula de porcelana vacıa y peso de capsula de porcelana con residuo; se introdujeron a un horno de secado a 65°C durante 24 horas segun m3todo de la AOAC determinaci3n de humedad y una vez obteniendo el peso de las muestras secas, se aplic3 la siguiente f3rmula:

$$\text{Humedad \%} = \frac{(P_2 - C)}{(P_1)} \times 100$$

D3nde:

P1= peso de la muestra h3meda.

P2= peso de la muestra seca + peso de la capsula de porcelana.

C= peso de la capsula vacıa.

Instrumentos de medici3n

Los instrumentos de medici3n utilizados en la caracterizaci3n proximal de los residuos agroindustriales, ası como le evaluaci3n de las condiciones ambientales y la evaluaci3n de la altura y di3metro del pıleo, Tabla 5.

Tabla 5. Instrumentos de medici3n.

Equipos e instrumentos	Modelo	Marca
Balanza analıtica	ıtem PA214	OHAUS
Balanza digital		Scaut-Pro
Estufa de secado	DX 402	Yamato
Mufla	MD-12	NOVATECH
Destilador	KJR	NOVATECH
Equipo Soxleth	24027	Kimax
Equipo de digesti3n de Microkjeldahl	MDK-6	NOVATECH
Extractor de fibra cruda	A50290	SCORPION SCRENTIFIC
Vernier	52 134100	Stainless still

Descripción de las Técnicas Utilizadas

A. Caracterización de los residuos agroindustriales de banano, fibra de palma africana y aserrín de roble.

El procedimiento para la caracterización de los residuos agroindustriales se utilizó las técnicas de la AOAC (Asociación Oficial de Química Analítica).

Evaluación del contenido de humedad

- a) Se identificaron las cápsulas de porcelana.
- b) Con ayuda de las pinzas se llevaron las cápsulas de porcelana al horno de secado YAMATO DX402 a 105°C a peso constante durante 25 minutos.
- c) Pasando ese tiempo con ayuda de las pinzas se toman para colocarlas en el desecador y esperar a que enfríen para pesar y registrar datos.
- d) Se agregó 200 g. de muestra en cada cápsula de porcelana y se registró el peso.
- e) Se llevaron al horno de secado las muestras a 70°C por un tiempo de 12 a 24 horas (peso constante).
- f) Después se enfrió en el desecador y se registró el peso de la cápsula con la muestra.
- g) Se realizaron los cálculos mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad \%} = \frac{(P_2 - C)}{(P_1)} \times 100$$

Dónde:

P1= peso de la muestra húmeda.

P2= peso de la muestra seca + peso de la capsula de porcelana.

C= peso de la capsula vacía.

Cenizas totales

- a) Se llevó a cabo mediante la oxidación seca de las muestras.
- b) Los crisoles se lavaron y después se llevaron a la mufla por aproximadamente 30 minutos en una estufa de secado YAMATO DX402, posteriormente los crisoles se colocaron en un desecador a temperatura ambiente, se etiqueto, se pesó en la balanza analítica OHAUS PIONEER ITEM PA214.

- c) Se añadió 1 g. de muestra seca al crisol.
- d) La muestra se quemó en una placa de calentamiento NOVATECH PC-500D (hasta que la muestra ya no desprendía humo).
- e) Se transfirió la muestra calcinada a la mufla NOVATECH modelo KJR a 600°C por 3 horas hasta que las cenizas tomaran la coloración cenizas-blancas o grisáceas.
- f) Se dejó enfriar en desecador por 30 minutos, pesar y registrar.
- g) Los cálculos se hicieron con la siguiente fórmula:

$$Cenizas \% = \frac{(P_2 - C)}{(P_1)} \times 100$$

Dónde:

m₂: peso en gramos de la cápsula con las cenizas

m₁: peso en gramos de la cápsula con la muestra

m₀: peso en gramos de la cápsula vacía

Lípidos

- a) Se colocó a peso constante el matraz de fondo plano con las 3 perlas de ebullición en el horno de secado a 100°C.
- b) Se pesó 4 g de muestra (m) deshidratada y se colocaron en un cartucho de celulosa.
- c) El cartucho de celulosa se colocó en el aparato de extracción (corneta).
- d) Se adicionó 3 perlas de ebullición y 150 mL de hexano al matraz de 250 mL a peso constante.
- e) Se colocó la corneta sobre el matraz, después se montó sobre la parrilla del equipo Soxhlet marca Kimax a temperatura de 60°C. y se dejó a reflujo por 6 horas a una velocidad de condensación de 2 a 3 gotas por segundo.
- f) Se retiró el cartucho de celulosa con la muestra de la corneta y se recuperó el solvente hexano.
- g) El matraz fue llevado a peso constante a una temperatura de 90 °C en el horno de secado y después se llevó a un desecador para enfriar.
- h) Se pesó el matraz con muestra y se realizaron los cálculos con la siguiente fórmula:

$$Lípidos \% = \frac{M_2 - M_1}{M} \times 100$$

Dónde:

M1= peso en g. del matraz fondo plano sin muestra con las tres perlas de ebullición.

M2= peso en g. del matraz fondo plano con muestra final.

M= peso de la muestra en g.

Proteína cruda

Para el desarrollo del análisis se prepararon los siguientes reactivos:

- Mezcla catalizadora (HgO-K₂SO₄).
- Solución de NaOH 60%-Na₂SO₂O₃ 5%.
- Ácido bórico (H₃BO₃) al 5%.
- Ácido clorhídrico (HCl) 0.01 N o 0.05 N

Procedimiento

En el desarrollo del análisis se siguieron los siguientes pasos:

- a) Se pesó de 15-40 mg (0.015-0.04 g) de muestra colocándola en el matraz Kjeldahl, se adicionó 2 g de mezcla de catalizadora y 3 mL de ácido sulfúrico.
- b) Se colocaron a digerir la muestra en el equipo de digestión de Microkjeldahl y (se enciende el extractor) hasta que clarifique manteniendo el calentamiento de 1.5-2 hr. Se dejó que enfriara (nota: a los tubos Kjeldahl se le pone tapones, que se hacen con manta).
- c) El residuo se disolvió con 10 mL de agua destilada.
- d) En un matraz Erlenmeyer se colocó 25 mL de disolución de H₃BO₃ al 5% con dos gotas de indicador (rojo de metilo).
- e) Se colocó en la terminal del condensador del matraz Erlenmeyer, cuidando que éste quede dentro de la solución.
- f) El tubo con muestra se colocó en el destilador y se adicionó 13 mL de solución de NaOH 60 %-Na₂SO₂O₃ 5 % a través de la válvula de seguridad.
- g) Se inició la destilación y se recolectó 75 mL del destilado.
- h) Esta solución se tituló con HCl 0.01 N hasta que viró del color del indicador de verde a violeta muy tenue y se calculó el porcentaje de nitrógeno y proteína mediante la siguiente fórmula:

$$\text{proteína bruta \%} = \frac{V \times F \times N \times 6.25 \times 14.008}{P \times 1000} \times 100$$

Dónde:

V= volumen de HCL utilizado para titulación de la muestra – volumen de HCL usado para titular el blanco.

F= factor de la solución de HCL

N= normalidad exacta del ácido clorhídrico HCL 0.01 N.

14.008 = peso equivalente al nitrógeno.

P= peso de la muestra en g.

Determinación de fibra cruda

- a) Se pesaron 2 g de muestra preparada, es decir, desengrasada y se registró el peso.
- b) Después se transfirió la muestra a un vaso Berzelius con 6 perlas de cristal.
- c) Se agregó 100 mL de H₂SO₄ al 0.255 N, caliente y se colocó en el extractor de fibra cruda (SCORPION SCRENTIFIC A50290) por 30 minutos, rotando el matraz periódicamente.
- d) Se desmontó el equipo y se filtró a través del embudo Buchner y papel filtro, lavándola con tres porciones de 50 a 75 mL de agua destilada caliente hasta el agua resultante del lavado sea pH 7.0
- e) Se repitió toda esta operación, pero ahora con solución alcalina de NaOH al 0.313 N.
- f) Una vez que fue realizado este procedimiento y después de haber alcanzado el pH neutro se realizó un último lavado con alcohol al 95% y filtrarlo, después de esta operación se removió el residuo a un crisol previamente pesado.
- g) Se secó la muestra en la estufa a 100 °C (hasta peso constante), se enfrió y se pesó (A).
- h) Se incineró la muestra por 30 minutos a 550 °C, se dejó enfriar en el desecador y se pesó (B).
- i) Se realizaron los cálculos con la siguiente ecuación.

$$Fibra\ cruda = \frac{(A - B)}{(M)} \times 100$$

Dónde:

A= Peso del crisol con residuo seco (g)

B=Peso del crisol con residuo calcinado

M= Peso de la muestra desengrasada y seca (g)

Para realizar el análisis proximal de los residuos agroindustriales se presenta el método utilizado, Tabla 6.

Tabla 6. Análisis proximal por el método AOAC

Análisis proximal	Método AOAC
Humedad	Método 925.09, 1997
Cenizas	Método 923.03, 1997
Lípidos	Método 920.30, 1997
Proteína	Método 954.01, 1997
Fibra Cruda	Método 962.09, 1997

B. Análisis de los factores ambientales en el crecimiento del hongo.

Dentro de la evaluación de los factores ambientales se determinaron la temperatura promedio durante la evaluación de desarrollo de *P. ostreatus*, de la misma manera se determinó humedad relativa y humedad de cada uno de los residuos en diferentes horas. A continuación, se demuestran los pasos:

Temperaturas

- a) Con ayuda de un termómetro marca CONTROL COMPANI el cual tomaba lectura de temperatura promedio, temperatura máxima y mínima se colocaba dentro del cuarto donde se desarrollaron los cuerpos fructíferos durante las horas 8 am, 11 am y 3 pm.
- b) Una vez que el termómetro tomaba las temperaturas los datos eran vaciados a una bitácora en donde se tomaban los datos como el día, fecha, hora y las tres temperaturas.
- c) Los datos obtenidos fueron graficados.

Humedad del residuo

Para mantener la humedad de los residuos de cada residuo se realizaron riegos con agua esterilizada con aspersor a cada bolsa con residuo de 3 a 4 veces hasta humedecer completamente el residuo. Los riegos se realizaban tres veces al día en cuatro diferentes horarios. También, se tuvo que mantener humedecido el piso esto se realizó con ayuda de cubetas de agua regando

sobre el piso hasta secarse y una vez al día en el horario de 11 a 2 pm según Martínez *et al.*, (2012) el humedecer el piso sirve para mantener la humedad relativa que normalmente es de 70 a 85%.

Así mismo Martínez *et al.*, (2012) menciona que los riegos afectan la calidad de los hongos, esto debido a la forma de los carpóforos que hacen que el agua quede retenida provocando que su textura se debilite y pierdan consistencia. Debido a esto, el agua retenida hizo que los carpóforos iniciaran su crecimiento y después de un par de días, no llegaron a su completo desarrollo y quedaron en un tamaño muy pequeño sin llegar a la etapa de producción.

C. Determinación del crecimiento de *P. ostreatus* en los residuos agroindustriales

Dentro de la evaluación de los factores ambientales se midió la altura y diámetro del estipe o pie del hongo con la finalidad de demostrar la eficiencia de los residuos y las temperaturas si son o no las apropiadas para su crecimiento; para esto se siguieron los pasos siguientes:

Altura y diámetro de hongo

- a) Con ayuda de un vernier se fueron midiendo con mucho cuidado la altura y diámetro de los carpóforos y se fueron tomando los datos en una bitácora.
- b) Se registró altura y diámetro cada día a los hongos esto fue para saber cuánto realmente crecieron durante el cultivo; Por lo que los datos reportados en las tablas del presente trabajo son promedios obtenidos tabla 8, 9, 10, 11.

Establecimiento del cultivo de *P. ostreatus*

El criterio seguido para la selección de los residuos utilizados para el desarrollo de *P. ostreatus* fue por los residuos disponibles de que se encuentra la mayor parte del año y aún bajo costo, siendo los siguientes: residuos agroindustriales de la extracción de aceite de palma, hojas de banano y aserrín de roble como tratamiento testigo.

Preparación de residuos

Los tratamientos que se le dio a los residuos fueron los mismos para los tres (hojas de banano, fibra residual de la extracción de aceite de palma y aserrín de roble); en la preparación de los residuos se consideraron cinco etapas: esterilización-hidratación, inoculación, incubación, fructificación y cosecha, así como lo propone (Alfaro-Nambo, 2008).

a) Esterilización e hidratación

Los residuos agroindustriales para la producción de *Pleurotus* generalmente son sometidos a semi-esterilización rápida; puesto que, existen varios métodos. En este caso se utilizó calentamiento rápido del residuo al vapor entre 80°C y 100°C, durante algunas horas. Después se tiende a enfriar el residuo y una vez introducido el residuo a la bolsa de polietileno se inocula. Esto con la finalidad de eliminar los microorganismos en los residuos; tales como, bacterias, hongos y levaduras, después se realiza un enfriamiento a 25°C para luego hacer la inoculación con la semilla *P. ostreatus* en este caso según Bonilla *et al.*, (2017).

Durante este proceso, se colocaron 6 kg de cada uno de los residuos en costales diferentes y se amarró perfectamente. Se preparó una tina de agua y se colocaron dentro de los costales, estos fueron sumergidos en agua caliente a 80°C por 30 minutos a fuego lento, después de esterilizar los residuos se colgaron durante una hora a escurrir el exceso de agua para evitar el exceso de humedad presente en cada uno de ellos.

b) Inoculación

Después de haber esterilizado los residuos, estos se dejaron enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, posteriormente los sustratos fueron inoculados, se vaciaron 20 g de granos de sorgo invadidos por micelio de *P. ostreatus* por cada kilogramo de residuo, mezclando perfectamente bien para que la invasión del micelio sea rápida y homogénea. El residuo inoculado fue depositado en bolsas de polietileno a las que se les hicieron perforaciones con agujas estériles favoreciendo la ventilación y el crecimiento de los hongos Alfaro-Nambo *et al.*, (2008).

c) Incubación

La incubación es la etapa que permite la colonización del sustrato o residuo por el hongo, de preferencia temperatura y humedad óptima y en la obscuridad según Sánchez-Royce *et al.*, (2001). Cuatro días después de haber efectuado la siembra en cada bolsa de polietileno con cada uno de los residuos utilizados con sus repeticiones, las bolsas fueron colgadas en filas en un área previamente desinfectada y se les hizo de 20 a 40 perforaciones tratando de no tocar el residuo esto con ayuda de una navaja o aguja estéril en la parte superior de la bolsa Sánchez-Royce *et al.*, (2001).

Acevedo *et al.*, (2017) menciona que esta área se le llama zona de incubación en donde las temperaturas registradas fueron desde los 29 hasta los 32°C y humedad desde los 61.64 a 88.78%.

Todas las bolsas permanecieron en la zona de incubación sin ser movidas y abiertas, después de tres días se les permitió la aireación a los residuos, se observó que el micelio había colonizado partes del residuo, con una capa blanquecina y algodonosa.

Las bolsas inoculadas se incubaron a temperatura ambiente durante un periodo de 20 días en un cuarto oscuro, ese tiempo las bolsas fueron supervisadas para detectar contaminación y eliminar esas bolsas dañadas, para evitar contaminación de las demás. Cumpliendo este tiempo los residuos estaban completamente invadidos por el micelio del hongo. En este proceso la temperatura no debe excederse los 30°C; pero, en este caso sí excedió la temperatura debido a que no fue posible controlar la temperatura ambiente Afaro-Nambo *et al.*, (2008).

d) Fructificación

Una vez concluido el tiempo de incubación, cuando el micelio ha colonizado el residuo de tal manera que ya no se distingue el aspecto y la coloración del residuo inicial, si no que se ve una masa compacta de superficie homogénea blanco-algodonosa, se debe realizar ciertos ajustes ambientales; para inducir al micelio a formar cuerpos fructíferos. La fructificación se puede llevar a cabo en condiciones controladas o a la interperie cuando las condiciones lo permiten (temperatura, luz, humedad relativa, cantidad de oxígeno y gravedad) Sanchez-Royce *et al.*, (2001).

e) Cosecha

Este periodo de cosecha se hace un espacio de tres a cuatro días, sin exceder un intervalo de 20 días Afaro-Nambo *et al.*, (2008). Una vez que los hongos o carpóforos alcancen el mayor tamaño posible, estos se cosechan cortando el estúpite con un cuchillo, justo a la base del tallo, en la unión con el residuo; aunque algunas veces prefieren tomarlo con mano usando guantes de látex, sin dañarlos y sin producir hoyos en el residuo Sánchez-Royce *et al.*, (2001).

Descripción del análisis estadístico

Cada uno de los análisis de la caracterización proximal de los residuos agroindustriales, las condiciones ambientales, así como crecimiento de micelio, la altura y diámetro de los hongos se reportaron como valores promedio ya que esta investigación fue de tipo descriptiva. A continuación, se presenta la fórmula utilizada para calcular las medias (Martínez-Segovia *et al.*, 2005).

$$Media = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n}$$

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A) Caracterización de los residuos agroindustriales de banano, fibra de palma africana y aserrín de roble.

La caracterización realizada fue a cada uno de los tres residuos: banano, fibra de palma africana y aserrín de roble; esto para saber el porcentaje en contenido de humedad, cenizas totales, lípidos, proteínas y fibra cruda. Mediante el método de la AOAC. Cabe mencionar que es importante saber el contenido de cada residuo, porque de ello depende el desarrollo del hongo o carpóforo *Pleurotus ostreatus* para la producción de este alimento de manera positiva. En la siguiente tabla 7 se encuentra el concentrado de datos obtenidos del análisis proximal realizado en la presente investigación.

Tabla 7. Análisis proximal de los residuos agroindustriales.

Residuos	H (%)	CT (%)	L (%)	P (%)	FC (%)
Banano	7.5	13.65	15.62	7.63	37.84
Fibra de palma africana	12.11	7.8	30.16	5.3	26.65
Aserrín de roble	30.77	1.22	0.52	5.98	42.62

*H= Humedad, CT= Cenizas totales, L= Lípidos, P= Proteína, FC= Fibra cruda.

En el análisis proximal realizado para humedad el residuo de aserrín de roble tuvo 30.77% comparado con Ordoñez-Sepúlveda *et al.*, (2019) obtuvo 18%. Por otra parte, Caicedo-Viafara-Pérez *et al.*, (2020) obtuvo 7.85% en aserrín de abarco; Ortega-Quintero *et al.*, (2016) analizó las propiedades fisicoquímicas del aserrín de cedro y en humedad obtuvo 25% y en otra repetición obtuvo 40%.

En humedad para residuo de banano se obtuvo 7.5% comparado con Giraldo-Montoya *et al.*, (2015) obtuvo 7.83% Valenzuela *et al.*, (2012) menciona que la humedad estándar en residuo agroindustrial debe ser 8.40% con base a lo anterior el residuo de banano es el que más retención de humedad presenta; así como también, fibra de palma africana que se obtuvo 12.11% muy similar a la humedad estándar.

En cenizas totales en residuos de banano se obtuvo 13.65% comparado con Giraldo-Montoya *et al.*, (2015) obtuvo 8.21% y Mondragón-Serna-García *et al.*, (2018) menciona en los análisis que realizó para ceniza tuvo 11.53%. En residuos de palma africana se obtuvo 7.8% en cenizas totales comparado con Paucar-Rubio *et al.*, (2021) obtuvo 9.06% similar a la presente investigación. Por otra parte, en cenizas totales de residuos de aserrín de roble se obtuvo 1.22% ante este resultado según Paucar-Rubio *et al.*, (2021) menciona que, normalmente, se puede obtener un valor más bajo que 0.2% o más alto que el 1%. Aunado a esto, pequeñas cantidades de elementos, como calcio, potasio y magnesio se encuentran en ceniza de madera.

En la caracterización de lípidos se obtuvo para residuo de banano 15.62% y residuo de palma africana 30.16% lo que indica que se obtuvo valores altos en lípidos; cabe mencionar que los lípidos en porcentajes altos no afectan en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

Los resultados de fibra cruda en residuos de banano se obtuvieron 7.84% residuo de palma africana 26.65% y 42.62% en residuo de aserrín de roble comparado con Cicedo-Viafara-Perez *et al.*, (2020) obtuvo 29.27% de fibra cruda con una diferencia muy alta. Ante el mayor porcentaje en fibra cruda que fue el residuo de banano; Carvajal *et al.*, (2010) menciona que se debe a que es rico en fibra, carbono entre otros nutrientes. Sánchez-Royce *et al.*, (2001) mencionan que el carbono es necesario para los hongos porque es la fuente directa de energía para su metabolismo; así mismo, es necesario para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares.

En los resultados obtenidos de proteína para residuos de banano se obtuvo 7.63%, palma africana 5.3% y aserrín de roble 5.98% comparado con Caicedo-Viafara-Perez *et al.*, (2020) en su análisis al aserrín de abarco obtuvo 7.85%.

Cabe mencionar que, las hojas de banana seca contienen 1.45% de nitrógeno, son muy productivas en masa para *Pleurotus ostreatus*, los pseudotallos de banano cortados dieron mejores resultados para producción de *Pleurotus ostreatus* comparados con el aserrín de roble. Puesto que, el nitrógeno es uno de los nutrientes importantes para su cultivo Acevedo *et al.*, (2017).

Las variaciones obtenidas se debieron posiblemente a factores ambientales: temperatura, desecado, humedad relativa y temperatura de la cámara de secado, el movimiento del aire y de la

humedad relativa de aire de la estufa de secado, el espesor y tamaño de las partículas a analizar y la calibración de equipos antes de usar.

B) Factores ambientales en el crecimiento del hongo comestible.

Dentro de los factores ambientales se analizaron las temperaturas y días de evaluación de las cuales las más altas se registraron el día 2 a una temperatura de 34°C a las 3:00 pm, el día 9 con 34°C a las 11:00 am y el día 11 con 33°C a las 3:00 pm. Los días 5, 7, 9, 12, 13, 14, 15 a las 3 pm se mantuvo a temperatura de 32°C y terminando su ciclo de vida para el día 17 y por el contrario el día 3, 7 y 11 se registraron temperaturas de hasta 29°C a las 8 am.

En general para los cuatros tratamientos se tomó registro de temperatura en tres diferentes horarios durante 16 días de evaluación Figura 5.

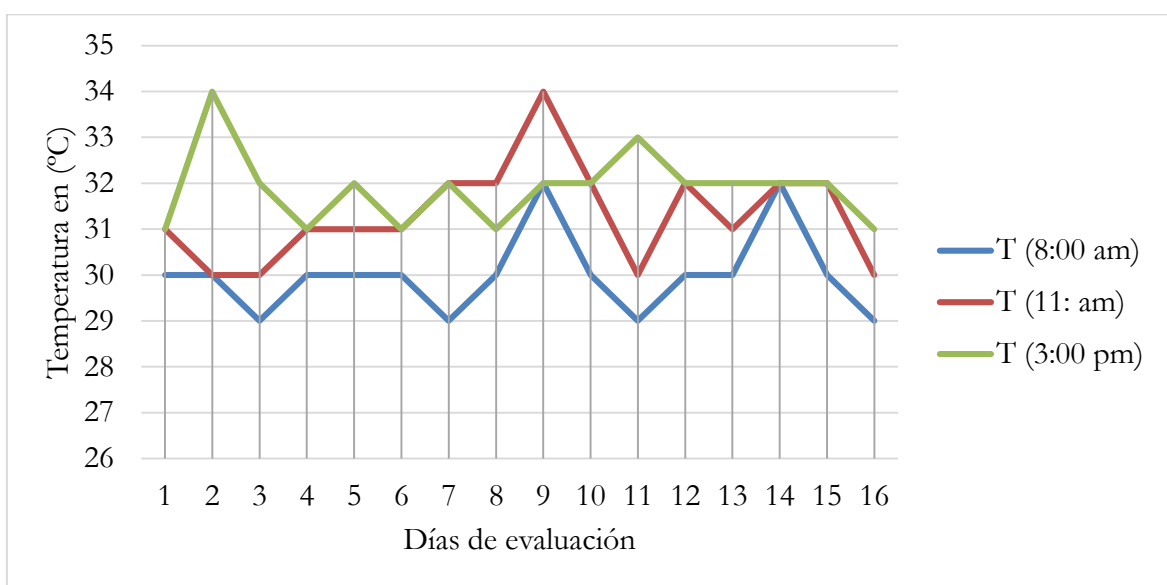


Figura 5. Evaluación de temperaturas dentro del área de desarrollo del hongo *P. ostreatus*.

Según Sánchez-Royce *et al.*, (2001) la temperatura es otro factor muy importante dentro del desarrollo de este *Pleurotus* este es un género de hongo cuyo micelio puede crecer en un rango amplio de temperaturas y las especies *ostreatus*, pueden crecer en un rango entre 0 y 35°C con temperaturas óptimas de 30°C. se demostró que estas especies podían soportar hasta 40°C durante 24 hrs. Pero no 72 hrs. Y después iniciar su crecimiento; comparado con la presente

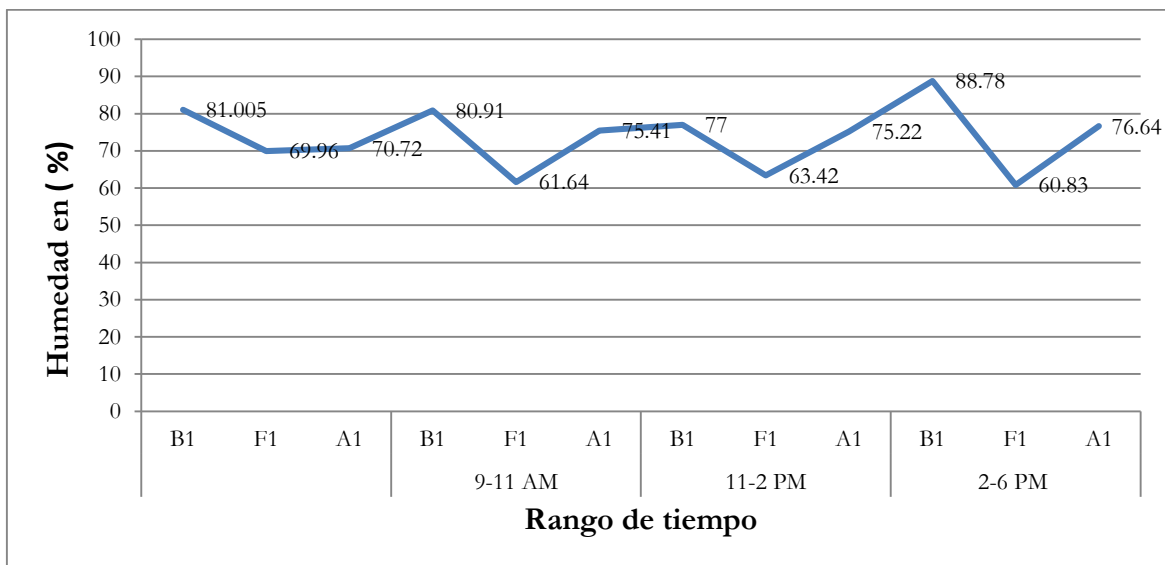
investigación las temperaturas mayores fueron de 34°C solo dos veces en horarios diferentes, lo que indica que sí es favorable el cultivo de *P. ostreatus*.

Por regla general, las temperaturas óptimas para fructificación de las especies de *Pleurotus* son ligeramente inferiores que las temperaturas óptimas para crecimiento micelial Martínez *et al.*, (2012). Los resultados registrados finalmente fueron de 29°C a 34°C lo que indica que aún son aceptables dentro de las especificaciones, pero con la desventaja de duración de vida corta.

La temperatura influye tanto en la capacidad enzimática del organismo, como en la fluidez de los lípidos de la membrana celular. La susceptibilidad a la temperatura no solo varía entre cepas sino también para una misma cepa según su etapa de desarrollo. Así, es posible y aun frecuente que un hongo tenga una temperatura óptima de germinación y que ésta sea diferente de su temperatura óptima de crecimiento micelial o de su temperatura óptima de fructificación (Romero-Rodríguez *et al.*, 2000).

Determinación de humedad en los residuos

Los residuos agroindustriales se evaluaron en 4 horarios diferentes de 7 a 9 am, de 9 a 11 am, de 11 am a 2 pm y de 2 a 6 pm; dentro de lo que se realizó fueron 4 repeticiones por cada uno de los residuos; se pesó 1 kg de residuo por cada bolsa para su posterior evaluación y cada tres horas transcurridas se tomaba peso de las bolsas con residuos, figura 6.



*B= Banano, F= Fibra de palma, A= Aserrín de roble.

Figura 6. Determinación de humedad de los residuos.

La determinación de humedad realizada a los residuos agroindustriales utilizados arrojaron el mayor porcentaje de humedad para banano con 88.78% en el horario de 2 a 6 pm, nuevamente banano con 80.91% en el horario de 9 a 11 am y aserrín de roble con 76.64 % de humedad, los valores mínimos de humedad los obtuvo fibra de palma africana de 60 a 70 % de humedad en horarios de 9 a 11 am, 11 a 2 pm y 2 a 6 pm en comparación con la realización de composteo en cajones de madera (Barrios-Sánchez *et al.*, 2009). Se deduce que el porcentaje de humedad indicará si el residuo utilizado tiene la capacidad de retener humedad y ser factible.

En la figura 6 se puede apreciar que, para el residuo de palma africana en los diferentes horarios fue el que presento bajas lecturas que van desde los 60.83% hasta los 69.96% y aserrín de roble de 70.72% a 76.64% en cuanto a estos resultados Sánchez-Royce *et al.*, (2001) mencionan que el rango permitido es de 50% a 80% de humedad en el residuo, lo cual indica que aún están dentro de los parámetros los resultados obtenidos, otro de los factores es la humedad del aire dado que los cuerpos fructíferos están formados por un alto contenido de agua y su estructura hifal no les permite retener la humedad del hongo. También el tamaño de la partícula afecta el crecimiento y la fructificación porque se relaciona la accesibilidad a los nutrientes, el agua y aire por parte de las hifas del hongo. Las partículas muy pequeñas dificultan la aireación necesaria para la respiración y los tamaños muy grandes son inadecuados porque dificultan la compactación del residuo y el acceso al hongo a los nutrientes.

Ardón *et al.*, (2007) menciona en su investigación que, para tener una buena retención de humedad, el agua debe encontrarse adsorbida en la superficie de las partículas o atrapada dentro de la región capilar del sólido.

Los residuos como pajas de cereales, fibras y rastrojos para el cultivo se pican en trozos de cinco a 10 cm de longitud y si el tamaño es mayor, no permitirá una retención de humedad adecuada en el mismo (Aguinaga *et al.*, 2012).

C) Determinación del crecimiento de *P. ostreatus* en residuos agroindustriales.

Los carpóforos se evaluaron por tratamiento: T1 residuo de banano, T2 residuo de palma africana, T3 residuo de aserrín de roble y T4 combinación de los tres tipos de residuos agroindustriales. La tabla 8 se evaluó al final del crecimiento máximo por lo que solo se logró hacer una lectura en la cual se registró: altura de los carpóforos, diámetros alcanzados (estipe o pié, píleo o sombrero). Así mismo, se calculó la desviación estándar.

Tabla 8. Evaluación de carpóforos en residuos de banano, palma africana, aserrín de roble y combinación de los tres residuos.

Tratamiento	Altura de carpóforo	Diámetros alcanzados	
		Estipe o pié	píleo o sombrero
T1 (Residuo de banano)	1.26 cm	0.017 cm	0.29 cm
T2 (Residuo de palma africana)	6.86 cm	0.197 cm	0.535 cm
T3 (Residuo de aserrín de roble)	4.68 cm	0.16 cm	0.51 cm
T4 (Combinación de los tres residuos)	5.5 cm	0.122 cm	0.087 cm
Desviación estándar	4.575 cm	1.124 cm	0.355 cm

*T= Tratamiento

El crecimiento de un hongo puede iniciarse a partir de una espora o de una fracción viable de hifa. Dicho crecimiento se da en forma polarizada o apical porque la elongación de la superficie

se da en un punto y no en toda la célula. Esta característica ocasiona que la célula de los hongos exceptos las levaduras tengan una estructura cilíndrica, denominada hifa, delimitada por una pared que se extiende de manera ramificada para formar un sistema hifal conocido como micelio (Sánchez-Royce *et al.*, 2001).

En alturas de carpóforos se puede apreciar la tabla 8 la cual, en tratamiento 1: residuo de banano se obtuvo 1.26%, tratamiento 2: residuo de palma africana 6.86%, tratamiento 3: residuo de aserrín de roble y tratamiento 4: combinación de los tres residuos 5.5% comparado con Acevedo *et al.*, (2017) quien realizó mediciones en altura de carpóforo cada semana y evaluaba mediciones. Por tanto, la primera semana se obtuvo mediciones de entre 1.13, 2.30, 3.80, 5.19, 7.90 cm lo que indica que fueron similares los resultados, aunque, cabe mencionar que en la presente investigación después de la primera semana empezaron a entrar en la etapa de declinación; en la cual, pudieron interferir varios factores antes mencionados.

La fase de declinación es importante mencionar; puesto que, se presenta cuando la acumulación de los desechos del metabolismo del hongo alcanza niveles que se vuelven limitantes para el crecimiento o porque alguno de los nutrientes escasea o se termina. En estas condiciones la tasa de crecimiento máxima puede ser mantenida y limpieza para disminuir de manera paulatina. La importancia de esta disminución depende de la importancia de los factores o nutrientes agotados o acumulados (Sánchez Royce *en al.*, 2001).

En diámetro alcanzado en tratamiento 1: de estipe o pie fue de 1.10 cm, tratamiento 2: fue de 5.08 cm, tratamiento 3: fue de 3.18 cm y tratamiento 4: fue de 3.12 cm. Finalmente el mejor fue tratamiento 2, cabe mencionar que después de estas mediciones, un día después empezó la fase de declinación, puesto que pudieron intervenir muchos factores tales como las condiciones ambientales, plagas, oxigenación. En diámetro de píleo o sombrero se alcanzó en tratamiento 1: (2.59) cm, tratamiento 2: (3.02) cm, tratamiento 3: (4.17) cm, tratamiento 4: (3.28) cm. Comparado con otros autores el presente cultivo sólo llegó a la primera etapa en crecimiento de *Pleurotus ostreatus*.

CONCLUSIONES

Durante la evaluación de los residuos agroindustriales se puede notar que son viables para ser usados como residuos en el cultivo de *P. ostreatus*, siempre y cuando se realice con adecuadas medidas ambientales y la zona o área a cultivar. Aunque las características fisicoquímicas se vieron variables es importante y son necesarias las mezclas de residuos agroindustriales para poder compensar el desbalance de nutrientes que el hongo necesita.

Un caso en específico es el residuo de palma africana, el cual se presentó favorable sobre los demás residuos agroindustriales por tener mayor contenido porcentaje en sus nutrientes: fibra cruda 26.65%, lípidos 30.16%, humedad 12.11%, proteínas 5.3% pero se ve limitado en cenizas totales por lo que la mezcla con otros tipos de residuos sería una opción.

Las condiciones ambientales de la región Acapetahua Chiapas, no fueron las más adecuadas para este tipo de cultivo, por lo que las temperaturas fueron variables durante todo el cultivo para producción de *P. ostreatus* lo que provocó muerte temprana de los hongos y no permitir su crecimiento normal, a pesar de estar humedeciendo los carpóforos y el piso del área en tres diferentes horarios los residuos agroindustriales no fueron favorables los resultados.

RECOMENDACIONES

Realizar este tipo de cultivo en temperaturas controladas y de preferencia acondicionar muy bien el área; no se recomienda cultivar *P. ostreatus* en lugares calurosos, en caso de hacerlo tratar de instalar un sistema el cual mantenga en óptimas condiciones el ambiente en el área.

El hongo es una planta muy delicada y fácil de fracturar sus partes, por ello se recomienda manipular con guantes de látex para su medición; recordando así mismo la esterilización de materiales a usar y sanitizar el área de cultivo.

Continuar realizando pruebas del cultivo de *P. ostreatus* sobre residuos de fibra de palma, residuos de banano y aserrín de roble y realizar mezclas con otros tipos de residuos para ser aprovechados, o bien usar otro tipo de residuo individual.

Efectuar más investigaciones sobre el cultivo de *P. ostreatus* en la región Acapetahua Chiapas para poder incorporar este alimento dentro de la canasta básica y sustituir opcionalmente la carne en el consumo humano.

GLOSARIO

Acículas: término empleado en botánica para designar aguijones finos y delicados que no son hierentes.

Bromatología: estudia cada alimento y sus componentes.

Basidiomicetos: son una división del reino Fungi que incluye los hongos que producen basidios con basidiosporas. Esta división incluye hongos macroscópicos como las clásicas setas.

Basidiocarpos: hongos o setas, mientras que los basidiocarpos que se sitúan bajo tierra son denominados falsas frutas.

Bagazo: es el desperdicio que queda en forma de fibra residual.

Celulosa: sustancia sólida, blanca, amorfa, inodora y sin sabor, e insoluble en agua, alcohol y éter, que constituye la membrana celular de muchos hongos y vegetales; se emplea en la fabricación de papel.

Cerebriformes: se refiere al aspecto físico de la sustancia del cerebro.

Celulosa: es un biopolímero compuesto exclusivamente de moléculas. Ésta es orgánica.

Cariogamia: es el paso final en el proceso de fusión de dos células eucariontes haploides, y se refiere específicamente a la fusión de los dos núcleos celulares. Antes de la cariogamia, cada célula haploide tiene una copia completa del genoma del organismo.

Dípteros: “dos alas” orden de insectos caracterizados porque sus alas posteriores se han reducido a halterios, es decir, que poseen solo dos alas membranosas.

Esporas: célula reproductiva o espora producida por las plantas.

Enzimas proteolíticas: es la degradación de proteínas mediante enzimas llamadas peptidasas, o por medio de degradación celular.

Fenólicos: son compuestos orgánicos en cuyas estructuras moleculares contienen al menos un grupo fenol, un anillo aromático a un grupo hidroxilo.

Formaldehidos: o metanal es un compuesto químico, más específicamente un aldehído altamente volátil y muy inflamable.

Germinación: es un mecanismo de la reproducción sexual de las plantas. Cuyo proceso consiste en el desarrollo de una nueva semilla hasta convertirse en una nueva.

Heterótrofos: organismo incapaz de elaborar su propia materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas y se nutre de sustancias elaboradas por otros seres vivos.

Humedad relativa: relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener.

Inflorescencia: disposición que toman y orden en que aparecen y se desarrollan las flores en una planta cuyos brotes florales se ramifican.

Infundibuliformes: es la apariencia de embudo o trompeta.

Lignocelulósico: es la materia seca vegetal (biomasa) lignocelulósica. Compuesto por polímeros de carbohidratos (celulosa, hemicelulosa) y un polímero aromático (lignina).

Lignina: sustancia natural que forma parte de la pared celular de muchas células vegetales, a las cuales da dureza y resistencia.

Lux: unidad derivada del sistema internacional de unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen/m²

Micelio activado: micelio sometido a un proceso minucioso de selección natural y artificial, antes de poder ser utilizado para cultivo.

Macroscópicos: que se ve a simple vista sin ayuda de microscopio.

Meiosis: o meiosis, es el proceso de división celular, propio de las células reproductoras, en el que se reduce a la mitad el número de cromosomas.

Monocotiledónea: son una clase de plantas fanerógamas angiospermas, con los embriones de las semillas presentando un solo cotiledón u hoja inicial. Las raíces son fasciculadas, nacen todas del mismo lugar y adoptan una forma de cabellera, sustituyendo pronto a la raíz primaria numerosas raíces adventivas en haz.

Macromicetos: macro=grande, visible; miceto=hongos. Tienen una estructura filamentosa, es decir, están constituidos por filamentos con aspectos de hilos o cordoncillos denominados hifas.

Novillos de ceba: la fase de ceba es el último momento del proceso del sistema de producción de carne, en el que se expresa de mejor forma el potencial genético de las razas destinadas de carne bovina.

Pinzote: (el resto) es la parte de la planta que sostiene las bananeras se desecha en grandes cantidades.

Pitaya: fruta del dragón proveniente del cactus y cuenta con gran cantidad de nutrientes beneficioso.

Pseudotallo: tallo aparente formado por las vainas foliares superpuestas densamente (lo que parece ser el tronco). También se le denomina seudocaule.

Pecíolos: apéndice de la hoja de una planta por el cual se une al tallo.

Plasmogamia: es una fase de la reproducción sexual en la cual ocurre la fusión de los citoplasmas de los gametos o células sexuales, sin la fusión de sus núcleos.

Reino *Fungi*: el termino Fungi designa a un taxón o grupo de organismos eucariotas entre los que se encuentran los mohos, las levaduras y los organismos productores de setas. Se clasifican en un reino distinto al de las plantas, animales y protistas.

Raquis: es el residuo que se acumula en grandes cantidades en las plantaciones sin que se le dé mayor uso. La tusa sobrante de la cosecha de palma de aceite.

Resupinados: este yace sobre el sustrato con el himenio sobre la superficie libre.

Susceptibilidad: indica la probabilidad que algo suceda, está vinculado a aquello capaz de ser modificado o de recibir impresión por algo o alguien.

Urea: sustancia tóxica, resultante de la degradación de sustancias nitrogenadas en el organismo de muchas especies de mamíferos, que se expulsa a través de la orina y del sudor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Garzón, G.; Montenegro, E. Y López, F. (2005). Uso de aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de *Quercus humboldtii* (roble). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Revista Colombia Forestal. Vol. 9. No. 18. 108 p.
- Vargas, P.; Hoyos, J.; Mosquera, S. (2012). Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*. Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol.10 No.1 10p.
- Hernández, R. Y López, C. (2012). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del Departamento de Cundinamarca. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Microbiología Industrial. Bogotá, D.C. 106 p.
- AOAC (2000). Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. Arlington.
- Silva, F. (2009). Evaluación de subproductos de la palma de aceite (palmiste y cachaza), como suplemento en la ganancia de peso de novillos de ceba en el municipio de Sabana de Torres. Universidad Industrial de Santander. Instituto de Educación a Distancia. Producción Agroindustrial. Bucaramanga. 87 p.
- Viveros, E.; Ticante, J.; Gómez, S.; Linares, G.; Y Gonzáles, F. (2000). El uso y manejo integral del hongo (*Pleurotus spp.*) en Calpan, Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla del Estado de Puebla, México. Código Postal 72570. 10 p.
- Vogel, F. Y Salmones, D. (2000). Análisis comparativo de la productividad de cepas *Pleurotus spp.* Cultivadas en una planta comercial. Departamento Hongos. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México. RevIberoam Micología. 4 p.
- Aguilar, M. (2003). Aprovechamiento de cascaras de pitaya para el crecimiento de setas (*Pleurotus ostreatus*) en condiciones de laboratorio. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán de León, Oaxaca. 92 p.

Bautista, N.; Bautista, N.; Venegas, R.; López Y Portugal, D. (2004). Evaluación de la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre paja de trigo como sustrato en un módulo rustico en Galeana, municipio de Zacatepec, Estado de Morelos, México. Laboratorio de Micología, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. C.P. 62209. 10 p.

Motato, K.; Mejía, A. Y León, A. (2006). Evaluación de los residuos agroindustriales de plátano y aserrín de abarco como sustratos para el cultivo del hongo *Pleurotus djamor*. Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. ISSN 0121-4004. Volumen 13. Número 1. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Pág. 24-29.

Gaitán, R.; Salmones, D.; Pérez, R. Y Mata, G. (2006). Manual práctico del cultivo de setas aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. ISBN 968-7863-95-1, primera edición. 55 p.

Garzón, J. Y Cuervo, J. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos agroindustriales sólidos lignocelulósicos de diferentes procedencias. NOVA, Publicación Científica en Ciencias Biomédicas. ISSN: 1794-2470. Vol. 140 p.

Barrios, B.; Moreno, L. Y Sánchez, J. (2009). Composteo en cajones de madera como pretratamiento del sustrato para cultivar *Pleurotus ostreatus*. Revista Mexicana de Micología. Instituto Tecnológico de Tapachula, Chiapas, México. Apdo postal 36. 59 p.

Martínez, J. (2012). Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en el Valle del Fuerte, Sinaloa: una alternativa de aprovechamiento de esquilmos agrícolas. Universidad Autónoma Indígena de México. 60 p.

Vargas, S.; Hoyos, J. Y Mosquera, S. (2012). Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol. 1º. No 1. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. 145 p.

Vallejo, E. Y Diaz, M. (2017) Calidad Alimenticia del Hongo *Pleurotus ostreatus*, Fresco y Deshidratado, Cultivado en tres Residuos Agrícolas. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Tecnológica Equinoccial. Campus Arturo Ruiz Mora, Km. 4 ½ Vía a Chone, Santo Domingo, Ecuador. Revista Espamciencia 8(2):51-59/2017. 59 p.

Nevárez, D. (2012). Aprovechamiento de residuos agroforestales para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus* sp. Instituto Politécnico Nacional. Centro interdisciplinario de Investigación para el desarrollo integral regional. Unidad Victoria de Durango. 98 p.

Carvajal, G. (2010). Evaluación de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre cinco tipos de sustratos (tamo de trigo, tambo de cebada, tambo de vicia, tambo de avena y tambo de paramo); enriquecidos con tuza molida, afrecho de cebada y carbonato de calcio. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Sede Ibarra, Ecuador. 100 p.

Pérez, M. (2002). Selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* (Jacq:Fr.) P. Kumm. Y *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Singer, a partir del crecimiento micelial en viruta de pino y obtención de nuevas cepas por entrecruzamiento: comparación de la producción de carpóforos. Universidad Veracruzana. Instituto de Genética Forestal. Xalapa, Veracruz, México. 56 p.

Rojas, E. (2004). Evaluación de paja de trigo, *Triticum sativum*; broza de encino, *Quercus* sp. Y rastrojo de maíz, *Zea mays*; para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales en San Rafael la Independencia, Huehuetenango. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 82 p.

ICBF (2005). El Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Colombia.

Aguinaga, P. (2012). Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, Provincia de Pichincha. Facultad de Ingeniería Química Y Agroindustria. Escuela Politécnica Nacional. Quito, mayo. 150p.

Jamangapé, O. (2018). Cultivo y elaboración de productos a base de setas. Facultad de ciencias de la nutrición y alimentos. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 108 p.

Calderón, J. (2009). Determinación de la mejor etapa de aplicación de la fertilización nitrogenada en el sustrato caña de maíz (*Zea mays* L.) para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kumm (Cepa ECS-152. Universidad de San Carlos, Guatemala. Facultad de Agronomía. 63 p.

Muñoz, E. (2017). Comparativo de sustratos y cuatro paquetes tecnológicos utilizados en la producción comercial de *Pleurotus ostreatus*. Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 84p.

Valenzuela, M. *et al.*, (2012). Hidrolisis enzimática del excedente orgánico del banano usando el hongo *Trametesversicolor* para la obtención de etanol. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería Química. Quito, Ecuador. 137 p.

Blasco, G. Y Gómez, F. (2014). Propiedades funcionales del plátano *Musa sp.* Artículo de Revisión. Facultad de Nutrición. Xalapa, Veracruz, México. Universidad Veracruzana. Rev Med UV. 26 p.

Velázquez, J. Y Gómez, A. (2010). Palma africana en Tabasco. Villahermosa, Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. ISBN: 978-607-7557-34-0. Primera Edición. 225 p.

Gaona, D. *et al.*, (2014). Mezcla de cascarilla de nuez de palmiste y raquis como combustible alternativo para generación eléctrica. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería Química. 104 p.

Hernández, Mieres, Niño y Pérez (2007). Efecto de la refinación sobre el aceite de la almendra del corozo (*Acrocomia aculeata*). Artículo. Información Tecnológica. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Avda. Bolívar N° 125-39, Valencia-Valenzuela. Vol. 18(5), 59-68 (2007).

Sánchez Y Royse 2001). La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* Libros ECOSUR, Limusa-Grupo Noriega Editores. México, D.F. ISBN: 968-18-6357-7.

Sánchez, V. (2001). Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre residuos vitivinícolas y su manejo postcosecha. Universidad de Sonora. Departamento de Agricultura Y Ganadería. Tesis de Maestría en Ciencias. Hermosillo, Sonora, Noviembre.85 p.

Romero, J. Rodríguez, M. Pérez, R. (2000). *Pleurotus ostreatus* importancia y tecnología de cultivo. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cuatro Caminos, Ciudad de Cienfuegos. 155 p.

Arrúa, J. Y Quintanilla, J. (2007). Producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* a partir de las malezas *Paspalum fasciculatum* y *Rottboellia cochinchinensis*. Universidad EARTH. Guácimo, Limón, Costa Rica. 42 p.

Hernández, R. Y López, C. (2007). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Bogotá, D.C. 106 p.

Romero, o.; Hernández, I.; Conrado, J.; Márquez, M. Y Amaro, J. (2013). Evaluación de bagazo de café *Coffea arabica* como sustrato en la producción de *Pleurotus ostreatus*. Revista Mexicana de Agronegocios. Vol. XVII. Número 33. Pp. 472-481. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México.

Montes, A. (2012). Manual de cultivo de hongo seta *Pleurotus ostreatus* de forma artesanal. UNAM. Ojo de Agua Lt. 3 Manzana 63-B Col. Lomas de San Bernabé, Magdalena Contreras, D.F. 36 p.

Varnero, M.; Quiroz, M. Y Álvarez, C. (2010). Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Información Tecnológica. Vol. 21 (2), 13-20. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Casilla 1004, Santiago, Chile. 20 p.

Escobedo, R. (2000). Producción de hongo seta *Pleurotus ostreatus*. SAGARPA. Cerrada de H. Galeana, No. 10. Col. Centro, Zacatlán, Puebla. CP. 73310.8 p.

Cruz, D.; López, E.; Pascual, L. Y Battaglia. M. (2010). Guía técnica de producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus*. Journal of Agriculture and Environment for International Development 2010, 104 (3-4): 139 – 154.

Hernández, S.; Fernández, C. Y Bautista, L. (2010). Metodología de la investigación. Quinta edición. Mc Graw Hill Companies Inc./INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

FreeLibros. Prolongación Paseo de la Reforma 1015, Torre A. Piso 17, Colonia Desarrollo Santa Fe. Delegación Álvaro Obregon. C.P. 01376, México D.F. ISBN: 978-607-15-0291-9. 656 p.

Tamayo Y Tamayo (2003). El Proceso de la Investigación Científica. Cuarta edición. Editorial Limusa, S.A. DE C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES. Balderas 95, México, D.F. C.P. 06040. ISBN: 968-18-5872-7. 175 p.

Alfaro, A. y Nambo, G. (2008). Producción de setas *Pleurotus ostreatus* variedad rosa en tres sustratos. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán. 60 p. Martínez-Segovia *et al.*, 2005).

Ordoñez, P. Y Sepúlveda (2019). Caracterización Físico química de los residuos de plátano y el café para su posible uso como materias primas en la fabricación de papel. Bogotá. 72 p.

Willan, C., Darwin, B., Manuel (2020). Características químicas del ensilado de raquis de plátano (*Musa paradisiaca*) y Orito (*Musa acuminata*) tratado con suero de leche. Ecuador 9 p.

Serret, G., Giralt, O. Y Quintero, R. (2016). Caracterización de aserrín de diferentes maderas. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. ISSN: 0041-8420. Vol. 36 p.

Giraldo, C., Y Montoya, M. (2015). Caracterización de residuos de banano (pseudotallo y hojas) mediante análisis termogravimétrico para uso potencial como biocombustible sólido. Universidad de Medellín, Facultad de Ingeniería. Medellín, Colombia. 94 p.

Mondragón, G.; Serna, J.; García, A. Y Jaramillo, E. (2018). Caracterización fisicoquímica de los subproductos cáscara y vástago del plátano *Dominico harton*. Revista Ion. Bucaramanga, Colombia. ISSN: 2145-8440. 4 p.

ANEXOS

Anexo 1. Primer primordio de *P. ostretaus* en residuos de fibra de palma.



Anexo 2. Etapa de muerte de *P. ostretaus* en residuos platano.



Anexo 3. Crecimiento de *P. ostretaus* en combinación de los tres residuos.



Anexo 4. Crecimiento de *P. ostretaus* en fibra de palma africana.



Anexo 5. Muestra de los tres tipos de residuos agroindustriales antes de determinar los porcentajes de humedad.



Anexo 6. Determinación de fibra cruda.

